REALIDAD VIRTUAL

por

Howard Rheingold

Prólogo de Carlo Frabetti

gedisa
editorial

Título del original en inglés: *Virtual Reality*, Simon & Schuster, New York

Traducción: Eugenia Fisher
Revisión técnica: Carlo Frabetti
Ilustración: Juan Santana

Primera edición, Barcelona, España, 1994

Muntaner, 460, entlo., 1.ª
Tel. 201 60 00
08006 - Barcelona, España

cultura Libre

ISBN: 84-7432-497-1
Depósito legal: B-6870-1994

Impreso en España
Printed in Spain

Impreso en Libergraf
Avda. Constitució, 19 - 08014 Barcelona

A Mamie Rheingold,
flor de mi corazón,
mi esperanza para el futuro.

Índice

Agradecimientos

Debo mi más sincera gratitud a mi mujer, Judy Rheingold, y a mi hija, Mamie Rheingold, quienes soportaron a un esposo y padre que, durante gran parte de los años 1989 y 1990, estuvo de viaje o absorto en sus pensamientos.

Un agradecimiento especial va dirigido a Bob Asahina, mi editor, por su indulgencia en la premura.

Al personal de *Whole Earth Review*, que creyó tener un redactor a tiempo completo en el verano de 1990: gracias por vuestra paciencia.

Muchos otros me ayudaron en mis búsquedas e indagaciones, en especial Izumi Aizu, ACROE (Claude Cadoz, Annie Luciani, Jean-Ioup Florens), Sarah Bayliss, John Brockman, Frederick Brooks, Mary Clemmey, Steve Dittlea, Scott Fisher, Patrice Gelband, Tom Furness, Erci Gullichsen, Katsura Hattori, Bob Jacobson, Kevin Kelly, Myron Krueger, Jaron Lanier, Brenda Laurel, Margaret Minsky, Mike Naimark, Mike Miller, Warren Robinett, Robert Stone y Randal Walser.

Introducción

En la medida en que "real" y "virtual" son términos antagónicos, sobre todo en el lenguaje científico (baste considerar la contraposición entre imágenes reales y virtuales en óptica), parece un contrasentido que la tecnología de vanguardia nos hable ahora de "realidad virtual".

Aunque, bien mirado, diríase que la ciencia del último siglo, con la física a la cabeza, se ha dedicado con especial empeño a cuestionar las más antiguas y firmemente asentadas dicotomías: espacio y tiempo, materia y energía, movimiento y reposo, cuerpo y mente... Y ahora la ciencia y la tecnología, con la informática a la cabeza, parecen dispuestas a cruzar —mejor dicho, a abolir— la última frontera, la que separa lo real de lo irreal.

Con el teléfono y la radio, el oído supera la distancia y suple la voz real del hablante con una reproducción electrónica convincente. Con la televisión, el ojo hace lo mismo con la imagen. Si podemos —y podemos— ampliar la ilusión a los demás sentidos (sobre todo al tacto), la "telepresencia" será un hecho. E igual que hay sistemas acústicos de alta fidelidad tan perfectos que hacen imposible distinguir una grabación de, por ejemplo, una orquesta real, es sólo cuestión de perfeccionamiento técnico el crear ilusiones multisensoriales prácticamente indistinguibles de una experiencia auténtica.

Las implicaciones son a la vez fascinantes y aterradoras. Desde nuevas y revolucionarias formas de enseñanza o de rehabilitación de minusválidos, hasta nuevas y tal vez definitivas modalidades de drogadicción electrónica. Desde el sexo a distancia (o con seres creados por ordenador) hasta la guerra teledirigida, siguiendo la vieja máxima de que en el amor y en la guerra todo vale.

Junto con la nanotecnología y la inteligencia artificial, con las que está confluyendo rápidamente, la realidad virtual es sin duda el campo de investigación más importante del momento, el más prometedor y el más inquietante, el *mysterium tremendum* que el hombre tendrá que afrontar en su próximo salto iniciático.

"Lo que la humanidad puede soñar, la tecnología lo puede conseguir" es la consigna de Fujitsu (una de las empresas más seriamente comprometidas con el desarrollo de la realidad virtual), y parece a punto de cumplirse plena-

mente. Qué sueños —o pesadillas— llegue a realizar la tecnología en los próximos años, depende en buena medida de que estemos informados sobre sus posibilidades y tendencias, y libros como éste constituyen una aportación imprescindible a esa toma de conciencia.

CARLO FRABETTI

Parte I

UN MICROSCOPIO PARA LA MENTE

1

Captar la realidad mediante la ilusión

"El instrumento primario de investigación de las ciencias de la complejidad es el ordenador. Éste está modificando la arquitectónica de las ciencias y el cuadro que nos trazamos de la realidad material. Desde el advenimiento de la ciencia moderna hace tres siglos, los instrumentos de investigación, tales como telescopios y microscopios, fueron analíticos, y promovían la visión reduccionista de la ciencia. La física, puesto que enfocaba las entidades más reducidas y minúsculas, era la ciencia fundamental. A partir de las leyes de la física se podían deducir las leyes de la química; luego, las de la vida, y así sucesivamente a lo largo de toda la escala. Esta visión de la naturaleza no es errónea; pero ha sido poderosamente conformada por los instrumentos y la tecnología disponibles.

"El ordenador, con su capacidad para manejar enormes volúmenes de datos y simular la realidad, abre una nueva ventana sobre esa visión de la naturaleza. Tal vez comencemos a ver la realidad de manera diferente sólo porque el ordenador produce conocimiento de modo diferente al de los tradicionales instrumentos analíticos. Brinda un diferente ángulo de la realidad."

HEINZ PAGELS
Los sueños de la razón, Gedisa, Barcelona, 1991

"Vivimos en un mundo físico con cuyas propiedades nos hemos familiarizado llegando a conocerlas bien. Sentimos un compromiso con ese mundo físico que nos da la capacidad de predecir... dónde caerán los objetos, qué aspecto tienen las formas bien conocidas vistas desde otros ángulos y cuánta fuerza se requiere para empujar los objetos venciendo la fricción. Carecemos del conocimiento correspondiente de las fuerzas que actúan sobre las partículas cargadas, fuerzas en los campos no uniformes, los efectos de las transformaciones geométricas no proyectivas y el movimiento de baja fricción y alta inercia. Una pantalla conectada con una computadora digital nos brinda la ocasión de familiarizarnos con conceptos que no se pueden materiali-

zar en el mundo físico. Es un espejo que nos lleva al mundo maravilloso de la matemática.

"Si la misión de la pantalla es servirnos de espejo para introducirnos en el mundo maravilloso de la matemática, construido en la memoria de una computadora, debería atender a tantos sentidos como sea posible. Hasta donde estoy enterado, nadie propuso seriamente displays de computadora olfativos o gustativos. Existen excelentes displays de audio, pero lamentablemente tenemos poca aptitud para hacer que la computadora genere sonidos significativos. Quiero describirles un display cinestésico.

"La fuerza necesaria para mover un joystick podría ser controlada por computadora, igual que las fuerzas que actúan en los controles de un Link Trainer se modifican para dar la sensación de un avión verdadero. Con semejante display, un modelo computacional de partículas en un campo eléctrico podría combinar el control manual de la posición de una carga móvil, con la sensación de fuerzas en la carga, con una presentación visual de la posición de la carga... Mediante el uso de semejante dispositivo de entrada o salida, podemos agregar un display de fuerza a nuestros sentidos de la vista y el oído."

IVAN SUTHERLAND
The Ultimate Display, 1965

En la Universidad de Carolina del Norte, tuve una experiencia transformadora, similar a la experiencia que ha cautivado a muchos de los pioneros de los ordenadores personales en los años 1960 y 1970: una visión compulsiva del futuro. Pero, esta vez, el impulso creador tenía un matiz de temor reverencial.

Yo estaba de pie en una habitación alfombrada, sosteniendo una manivela, pero al mismo tiempo miraba un espacio microscópico y manipulaba directamente dos moléculas con las manos. Tal vez alguien en un siglo anterior experimentó algo similar al mirar por el microscopio de Leeuwenhoek o el telescopio de Galileo. Parecía como si fuera un microscopio para la mente, no sólo para los ojos.

Yo no conocía las reglas del "anclaje molecular" —una herramienta que ayuda a los químicos a hallar las moléculas moldeadas como claves para proteínas específicas—, el modo en que un químico las conoce, pero podía *sentirlas* a través de la mano y del mecanismo de realimentación de fuerza reflejada, incorporado en el ARM, el manipulador remoto de Argonne. El mango metálico parecía el manillar de una enorme y bien lubricada Harley. Levanté la vista y miré el conjunto de un millón de dólares de juntas articuladas, envueltas por cordones umbilicales de cables eléctricos. El aparato entero estaba suspendido del techo, a pocos metros delante de mí. Yo llevaba gafas livianas conectadas por un alambre con la computadora.

Miré hacia la pantalla de la computadora mientras usaba mi hombro, codo, muñeca y dedos para investigar los seis grados de libertad de ARM. Unos empujones, tirones, codazos y rotaciones me dieron la sensación de las dimensiones del movimiento de ARM. Pude mover la manivela y el resto de ARM en una esfera de un diámetro de por lo menos un brazo de longitud. El display de la computadora y las gafas que yo llevaba estaban sincronizados de tal modo que cada ojo pestañeaba cada 1/60 de segundo. Dado que las vistas ligeramente diferentes de la misma imagen eran barridas en la pantalla cada 1/60 de segundo, cada ojo veía solamente las imágenes apropiadas a la visión del ojo izquierdo o derecho de una escena tridimensional. "La estereoscopia" —que presenta diferentes vistas a cada ojo a fin de crear la ilusión de las tres dimensiones— es un viejo truco: lo peculiar aquí era que la fuente de las imágenes de las moléculas no eran pares de fotografías o dibujos quietos, sino representaciones electrónicas de moléculas simuladas por ordenador. El ARM me concedió el poder de extender la mano y manipular esos ilusorios objetos tridimensionales, y confirió a los objetos el poder de resistir a mis intentos de moverlos.

Las fuerzas moleculares simuladas fueron transferidas a fuerzas físicas que se resistieron a mis intentos de manipular la molécula; la fuerza reflejada hacía sentir como si las moléculas mismas me empujaran hacia atrás a través del ARM, siguiendo los movimientos de mi propio brazo con una fuerza análoga. Era como jugar con imanes toscos que se rechazaban con mucha fuerza cuando yo ponía los polos iguales uno cerca del otro, y se atraían cuando aproximaba los polos opuestos. Hay muchas maneras de acomodar las moléculas entre sí, pero hay sólo unas pocas yuxtaposiciones que las acercan lo suficiente como para que se unan. La misión de buscar, en el universo de las posibilidades, un encaje presenta muchas dificultades y un alto rendimiento, una de esas posibilidades en un almiar podría codificar la forma de una cura para un carcinoma.

He viajado a Carolina del Norte porque he oído hablar de gente que ya crea medicinas usando los ojos, oídos y músculos así como sus mentes para inventar nuevos compuestos químicos. Me esforcé devanándome los sesos sobre el problema del anclaje molecular con el ARM, de la misma manera que lo hacen los químicos en este laboratorio. Es parte de lo que se denomina "realidad virtual", conocida también como RV. Aunque carecía del conocimiento que distingue a un experto en un campo como es la química, no carecía de destreza para percibir mi propio camino que me introdujera en el problema. Puesto que el aparato había hecho perceptibles directamente a mis ojos, mis oídos y mi mano los aspectos del anclaje molecular, yo estaba en condiciones de usar toda mi experiencia en el mundo de la gravedad y de los objetos manipulables, mi instinto del mundo, para hacer avanzar un problema difícil más allá de lo que muchos químicos pudieran haberlo hecho sin la ayuda del modelado computacional. A un químico realmente avezado, le debe parecer una herramienta mecánica intelectual. Empezaba a comprender por qué tantos in-

vestigadores en RV hablaban acerca del potencial de campo con tanto fervor. Pero el nivel molecular no es el único lugar donde la nueva tecnología está abriendo una nueva ventana sobre la realidad.

Ingresé en la realidad virtual por primera vez en diciembre de 1988, por la puerta grande en el Ames Research Center de la NASA en Mountain View, California. Intervenían prendas de vestir con alambres. Tenía que ver con la computadora que ellos llamaban "la máquina de la realidad". Una especie de máscara de aluminio semejante a la de un SCUBA[1] cubría mi rostro, y una televisión binocular tridimensional llenaba el campo de mi visión con espejismos electrónicos, cualquiera que fuera la dirección en la que moviera mi cabeza. Mi cuerpo no estaba en el mundo de la computadora que yo podía ver alrededor de mí, pero una de mis manos había acompañado a mis ojos sobre la vasta llanura electrónica que parecía rodearme, reemplazando el atestado laboratorio que yo había dejado atrás, donde mi cuerpo andaba a tientas indagando e investigando. Un cubo espectral de luz flotaba enfrente de mí. Alargué la mano y lo así. Un guante con un reticulado de sensores sincronizaba mis gestos físicos en el cuarto en el que mi cuerpo estaba ubicado, con los movimientos de un guante grotesco que flotaba en el mundo creado por la computadora. "Ciberespacio", lo oí llamar. Es un lugar, es cierto. Qué clase de lugar es, ésa es la gran pregunta.

La palabra *ciberespacio* fue acuñada por el novelista William Gibson en su libro que se publicó en 1984 titulado *Neuromancer*: "Ciberespacio. Una alucinación consensual, experimentada diariamente por miles de millones de legítimos operadores, en cada nación, por niños a los que se enseñan conceptos matemáticos... Una representación gráfica de los datos extractados de los bancos de cada computadora en el sistema humano. Una complejidad impensable. Líneas de luz ordenadas en el no espacio de la mente, racimos y constelaciones de datos. Retrocediendo como las luces de la ciudad". Hay "cowboys" en el ciberespacio de Gibson que se abren camino a través de la inmensidad de los datos, "abandonando" directamente sus sistemas nerviosos a la Matrix, que es el nombre que da Gibson a la infraestructura de comunicaciones y de computación que engendró ese nuevo reino. Por primera vez oí los términos "realidad virtual", RV y "máquina de la realidad" pronunciados por el científico de la computación Jaron Lanier, quien desempeñará un rol destacado en próximos capítulos.

Imagínese una televisión envolvente con programas tridimensionales, incluso sonido tridimensional y objetos sólidos que puede alzar y manipular y hasta tocar con los dedos y las manos. Imagínese inmerso en un mundo artificial que explora activamente en lugar de mirarlo con atención desde una perspectiva fija, mediante una pantalla plana en un cinematógrafo o en un televisor o una computadora. Imagínese que es el creador tanto como el consumidor de su experiencia artificial, y que dispone del poder de usar un gesto o palabra

1. Self contained underwater breathing apparatus (equipo de respiración para buceo). *(N. del T.)*

para volver a moldear el mundo que usted ve, oye y siente. Esta parte no es ficción. Los displays de cabeza (HMDs) y los gráficos tridimensionales de la computadora, dispositivos de entrada o salida, modelos computacionales que constituyen un sistema RV, hacen posible hoy que usted se sumerja en un mundo artificial, lo alcance y lo reforme.

Si tuviera que elegir una palabra anticuada para describir la categoría general a la que podría pertenecer esta nueva cosa, mi candidata sería "simulador". La tecnología RV se parece a —y parcialmente deriva de allí— los simuladores de vuelo que la Fuerza Aérea y las aerolíneas comerciales usan para entrenar a los pilotos. En los simuladores de vuelo convencionales, los pilotos aprenden a manejar un avión sin abandonar el suelo, practicando con una réplica de los controles del aeroplano; el "parabrisas" de un simulador de vuelos es una pantalla indicadora con gráficos computacionales, sobre la cual se va presentando un paisaje cambiante de acuerdo con el curso que toma el piloto. Toda la carlinga simulada está montada sobre una plataforma móvil que se desplaza de acuerdo con los movimientos del aeroplano simulado. La realidad virtual también es un simulador, pero en lugar de mirar una pantalla plana bidimensional y operar un joystick, la persona que experimenta la RV está rodeada por una representación tridimensional generada por computadora, y es capaz de desplazarse en el mundo virtual y verlo bajo distintos ángulos para introducirse en él, asirlo y remodelarlo.

Ahora mismo, es necesario ponerse un elaborado casco en la cabeza o calarse un par de gafas con obturador electrónico, del modo que lo hice yo, para ver ese mundo y deslizar un guante especial en la mano o empuñar un dispositivo mecánico de entrada a fin de manipular los objetos que se ven allí. Unas lentes y dos pantallas en miniatura en el casco de la NASA, se acoplaban con un dispositivo que rastreaba la posición de mi cabeza, creaba la ilusión de que la pantalla me rodeaba por todos lados. La máquina de la realidad actualizaba el modo en que yo veía el mundo cuando desplazaba la mirada. Podía mirar detrás de los objetos generados por la computadora, alzarlos y examinarlos, caminar alrededor y ver las cosas desde un ángulo diferente. En el complejo modelo visual del mundo virtual que cambiaba cada vez que yo me movía, mediaba un programa de simulación en una poderosa computadora, a la cual estaban conectados el casco y el guante por cables. En el futuro, se usarán tecnologías menos molestas para crear la misma experiencia, y las computadoras serán más potentes y menos costosas, lo que implica que las virtualidades serán más realistas y más personas podrán permitirse visitarlas.

Aunque permanecí en el ciberespacio sólo por pocos minutos, ese primer breve vuelo a través del universo creado por computadora me lanzó en mi propia odisea a los puestos de avanzada de una nueva frontera científica. Este libro es un informe desde esos puestos y una visión adelantada de un posible mundo nuevo en el que la propia realidad podría llegar a ser una mercancía fabricada y susceptible de ser medida. Aunque esto suena a ciencia ficción, y la palabra "ciberespacio" se originó de hecho en una novela de ciencia ficción.

la realidad virtual ya es una ciencia, una tecnología y un negocio sostenido por fondos significativos que provienen de las industrias de computación, comunicaciones, diseño y entretenimiento en todo el mundo.

Mi furtiva mirada por el portón dimensional en Silicon Valley me propulsó alrededor del planeta en una búsqueda del tesoro en pos de mundos artificiales más realistas, más grandes, mejores y más rápidos. Terminé viajando con los 747 y coches alquilados, trenes bala, autopistas, metros, taxis, limousines y autobuses urbanos desde un laboratorio de la realidad a otro, desde Chapel Hill, Carolina del Norte, a los suburbios de Kyoto, Japón, desde el centro de Texas al sur de Francia. Esa "realidad-complejo industrial" es demasiado reciente para ser visible para la mayoría de la gente, pero ya se ha extendido por el mundo y entre las diversas disciplinas; aunque pocas personas todavía saben algo al respecto, parece haber captado el momento propicio.

- En la Universidad de Carolina del Norte, deambulé por un edificio que existió en el ciberespacio antes de que fuera construido en la realidad física.
- En Kansai Science City, en las afueras de Kyoto, estuve sentado en el prototipo de un "ambiente sensible" que observaba dónde miraba yo y cómo me movía, y conversé con los investigadores japoneses que usaban la RV para construir los sistemas de comunicación del siglo XXI.
- En la NASA dirigí robots para mantenimiento en un espacio exterior virtual.
- En Cambridge, Massachusetts, pasé las puntas de mis dedos por un "papel de lija virtual" mediante un joystick sensible a la textura y observé cómo los científicos creaban criaturas animadas que vivirán en los mundos virtuales semisensoriales del mañana.
- En Vancouver, en la Columbia Británica, jugué con mi primer "teleoperador": un robot en lugar de un simulador de computadora, en el otro extremo de un sistema de telepresencia. Imagine un par de gafas y un guante que lo conducen —mediante los ojos y las manos de un robot— bajo el océano o al interior de su propia corriente sanguínea.
- En Tsukuba, una de las originales "ciudades de la ciencia" en Japón, tuve la fantástica experiencia de observarme a mí mismo a través de los ojos de un telerrobot: una experiencia "fuera del cuerpo" electrónicamente amplificada.
- En Honolulu inspeccioné una ametralladora accionada a distancia, sobre ruedas, en una oficina de investigación de los US Marine Corps de alta seguridad.
- En Santa Mónica ensayé un simulador de la realidad de 40 años de antigüedad —un videojuego "Sensorama"— en su actual sitio de descanso en el patio de su inventor.
- A una hora de viaje en las afueras de Hartford, en un rincón de un museo de historia natural, encontré al hombre que inventó el término "realidad artificial" décadas atrás e inició las técnicas que se están perfeccionando en los laboratorios de investigación y desarrollo en todo el mundo.

• En Santa Bárbara, observé cómo una nueva ciencia se precipitó a modo de un cristal en una solución sobresaturada, cuando los especialistas en sistemas gráficos de computadoras, expertos en robótica y teoría de control, científicos de la cognición y programadores de todo el mundo se reunieron por primera vez para indagar sus intereses comunes. Al final de la conferencia, habían decidido dar un paso importante hacia la creación de una nueva ciencia en la que ahora confluyen sus especialidades, y fundar una revista en la editorial MIT Press, dedicada a los estudios de los mundos virtuales.

• En Londres, encontré un especialista en robótica en una fábrica de títeres de políticos, un inventor que pretende estar creando un guante capaz de transmitir la sensación del tacto a distancia.

• En Silicon Valley, visité una empresa insólita en la que se fabricaban las gafas y los guantes que yo había usado en muchos otros sitios; allí bailé con una mujer que había adoptado la forma de una langosta púrpura tridimensional de cuatro metros de alto.

• En Grenoble, a cuatro horas de tren desde París, visité un laboratorio de ciencia computacional dentro de un laboratorio de ciencia computacional y puse las manos sobre una máquina que habían construido. Aunque estaba hecha de metal y microchips, al manipular el dispositivo se sentía y sonaba como si se tocara con un arco una cuerda de violín tensa.

• Viajé en el tiempo para ver las pinturas subterráneas prehistóricas en Lascaux, exploré la caverna de Platón y eché una mirada al futuro tecnológico que merece nuestra atención ahora, porque cuando el bebé de la tecnología de RV de hoy madure en unos pocos años, cambiará (y amenaza con hacerlo) el significado de lo que hoy se considera humano.

Un modo de ver la RV es como una ventana mágica que se asoma a otros mundos, desde moléculas a mentes. Otro modo de ver la RV es reconocer que en las décadas finales del siglo XX, la realidad va desapareciendo detrás de una pantalla. ¿Está por transformarse la comercialización masiva de las experiencias de la realidad artificial en un mundo en que querríamos que vivieran nuestros nietos? ¿Cuáles son los potenciales más poderosos, más perturbadores, menos predecibles de la RV? Si pudiéramos tener una clara visión de los potenciales y trampas de la RV, ¿cómo haríamos para optimizar los unos y evitar las otras? El genio está fuera de la botella y no hay manera de revertir el ímpetu de la investigación de la RV; pero es un genio joven y parcialmente entrenable. No podemos detener la RV, aun cuando descubramos que es lo mejor que podemos hacer. Pero podríamos guiarla, si empezamos a pensar en ello ahora.

Las implicaciones más fantásticas de la RV ya han sido pregonadas en los medios de comunicación, mediante informes sobre lo que podría hacerse posible, como por ejemplo la "teledildónica" (sexo simulado a distancia) o el "LSD electrónico" (simulaciones tan poderosamente adictivas que reemplazarían a la realidad). Y muchos de los informes en la prensa dan la impresión de

que la tecnología es "lo último que podría salir de California". Pero los laboratorios en lugares como la Universidad de Carolina del Norte han realizado investigación científica seria y han desarrollado aplicaciones potencialmente salvadoras para más de veinte años: medicinas anticancerosas que ya han sido creadas con el sistema de anclaje molecular RV que ensayé, y el tratamiento radiológico basado en RV, que está aliviando los sufrimientos de pacientes reales ya ahora.

Mi propia odisea por los reinos de la investigación y el desarrollo de la realidad virtual empezaron hace años, con mi interés por el modo en que las computadoras parecían evolucionar a partir de poderosas calculadoras hacia medios que extendían las capacidades intelectuales humanas: "los amplificadores de la mente", como los he llamado. Mientras llevaba a cabo investigaciones para un libro anterior, varios años atrás, conocí a varias personas que usaban computadoras personales para crear herramientas capaces de intensificar el pensamiento, la comunicación y la imaginación humanos: los "infonautas", como los esbocé en *Tools for thought*, buscaban cómo usar las computadoras como amplificadores de la fantasía y palancas intelectuales en lugar de ser meras trituradoras de números o máquinas de procesamiento de datos.

Los ordenadores personales de hoy son sólo el inicio de la aproximación al umbral de la amplificación mental tal como fue originariamente concebida, hace décadas. Pero el ordenador personal, tal como lo conocemos, no es la única visión posible de los amplificadores de la mente basados en la informática. Aun en los primeros días de la revolución del PC en los años setenta y ochenta, pocos pioneros de la nueva industria querían impulsar el desarrollo de la tecnología del ordenador personal hacia algo mucho más interesante, por lo menos en teoría, que las pequeñas cajas que la gente tenía en sus escritorios, algo que llamaban tecnología del "simulador personal".

A principios de los años ochenta, cuando hablé por primera vez con algunos jóvenes genios de la informática acerca de sus sueños de sumergirse en realidades simuladas, no se me ocurrió que fomentarían una revolución tecnológica y cultural en los años noventa. Años más tarde, cuando oí que los mismos genios habían combinado sus esfuerzos para construir una máquina de la realidad para la NASA, tuve que probarla. Yo sabía que uno de ellos había estado soñando con gafas tridimensionales desde sus días del MIT, que otro estuvo perfeccionando un dispositivo de entrada a la computadora en forma de guante y que otro más, un legendario programador de software educativo y juegos de aventuras, había sido contratado para realizar el software modelador del mundo para el sistema de la NASA. Todos ellos tenían entre veinte y treinta años cuando nos conocimos: la nueva generación post-Apple de diseñadores de computadoras, los que crecieron usando los ordenadores personales creados por sus mayores. Su nueva empresa sonaba extravagante pero fascinante.

Después de mi primera demostración, en la NASA en 1988, pasé algún tiempo en la biblioteca. Al abrirme camino por el ciberespacio, descubrí para

mi gran sorpresa que el hogar intelectual del mundo de la investigación de la RV no era ni Mountain View, ni Tokio, ni Cambridge, ni siquiera Salt Lake City. Me bastó con un rápido examen de la bibliografía sobre RV, para darme cuenta de que el trabajo más importante en RV como ayuda para la visualización científica, como tecnología de "imágenes médicas" y como herramienta arquitectónica había salido todo del mismo lugar. No sólo esas aplicaciones prácticas, sino un trabajo igualmente importante en tecnologías de los displays montados en la cabeza, arquitecturas de las máquinas de la realidad, gráficos tridimensionales de computadoras, sensores de posición, habían estado saliendo del mismo laboratorio durante más de veinte años. Chapel Hill, el hogar del Departamento de Ciencias de la Computación en la Universidad de Carolina del Norte (UNC), resultó ser el primero entre los muchos lugares que nunca pensé visitar antes de embarcarme en mi búsqueda de las tradiciones de la RV.

Un grupo consagrado estuvo realizando investigaciones sobre mundos virtuales desde fines de los años sesenta y creció en cantidad, prestigio y fondos durante las últimas dos décadas. Tanto la química farmacéutica como los proyectos de medicina por imágenes se llevan a cabo en uno de los centros de investigación de RV más adelantados, ciertamente el que estuvo en esa labor más tiempo. También es un laboratorio donde la creación de las herramientas científicas y médicas, no la comercialización de los artilugios electrónicos, es el foco primario de la investigación. Acabé allí porque, habiendo echado una rápida mirada a la situación poco elaborada de los prototipos de RV de hoy, quise ver qué podía elaborar un equipo de RV determinado, con recursos poderosos de computación, en forma de una realidad sintética convincente, cuando aplicaba sus pedales cibernéticos al metal virtual.

Frederick Brooks ya era un personaje de estatura casi mítica en el mundo del software informático cuando dejó la IBM por la UNC. Había leído el libro de Brooks sobre la ingeniería de software unos años atrás. Aunque no sabía nada acerca de los elementos necesarios para organizar grandes proyectos de programación, me atrajo *The Mythical Man-Month* porque tantos programadores parecían considerarlo de un modo casi metafísico. Brooks había dirigido el equipo de IBM que creó lo que entonces era la programación más ambiciosa de la historia, el software del sistema operativo para la serie 360 de IBM de computadoras: la revolución de la "mainframe" que computerizó el mundo administrativo y científico. El "mítico hombre mes" es una medida tecnoburocrática de productividad que representaba un modo de pensar que Brooks trató de desacreditar durante años: la idea de que la labor intelectual dura, necesariamente de "prueba y error", para producir un buen software puede ser salvada con medios técnicos o institucionales. Él demostró que si usted está a cargo de un proyecto de software atrasado en tres meses, y decide duplicar la cantidad de "hombres-meses" dedicados a él, contratando el doble número de programadores, usted garantiza en realidad que el proyecto estará atrasado en seis meses por lo menos. Me pareció significativo que una figura de la máxi-

ma autoridad de la RV, un campo en el cual la realización del potencial tecnológico depende de la creación de una gran cantidad de software que todavía no existe, es también un hombre conocido por su pesimismo respecto del logro de grandes cosas en cortos períodos de tiempo cuando se trata de software complejos.

Brooks es un hombre modesto que cree ver en los sensacionales aspectos de la RV una distracción de las tareas de construir herramientas pensantes para científicos, doctores y arquitectos. Será el primero en destacar que sus colegas merecen mucho crédito por el trabajo que ha surgido de Chapel Hill desde fines de los años 60. Cuando hablé con sus colegas, descubrí que Brooks estaba en lo cierto y hallé que sus colegas estaban prontos para señalar la conducción de Brooks como motivo central de la fuerza investigadora en la UNC. Es un grupo fuerte y variado: Henry Fuchs, una figura legendaria en el mundo de la gráfica computacional, había sido estudiante de Alan Kay en la Universidad de Utah cuando el "display de cabeza (HMD)" del pionero de la RV, Ivan Sutherland (HMD) todavía funcionaba: Fuchs y otros habían creado una nueva arquitectura de RV en la UNC fabricando sus propios microchips y creando una red de 250.000 procesadores. Stephen Pizer está en la punta de la imaginería médica tridimensional interactiva; junto con el doctor Julian Rosenman y otros especialistas médicos, ha encabezado las técnicas de imágenes en RV, las "gafas de rayos X" con que soñaban en secreto los diagnosticadores desde los días de Hipócrates, y que las investigaciones de la UNC podrían entregar en los próximos diez años. Otros investigadores principales de la Facultad de la UNC son expertos en hardware, software, dispositivos de detección, de realimentación, arquitectura de computadoras, programación gráfica: todos los bloques constructivos de los sistemas de RV. Cuando descubrí que Warren Robinett, otro infonauta más que había encontrado hace un siglo de Silicon Valley (siete años) atrás, y miembro clave del equipo de RV de la NASA, se había unido al grupo de la UNC, abandoné las dilaciones e hice planes para visitar Chapel Hill.

La matrícula de Carolina del Norte en el coche que alquilé en el aeropuerto de Raleigh-Durham llevaba el lema del estado: "Primero en vuelo". Es difícil no pensar en la tecnología de RV de principios de los años 90 como la etapa de Kitty Hawk del ciberespacio. Mis vuelos de prueba de los cibervehículos de hoy no eran tan emocionantes como el modelo mental que me inspiraron para imaginar visiones de lo que parecerá la versión 747 dentro de unos años. El progreso de la tecnología de RV adelantará probablemente dos veces más rápido que el progreso de la aviación. Estamos en una era en que "propulsión a chorro" suena vagamente arcaico. Recuerdo haber visto avisos para el "ordenador personal" Altair en las revistas científicas en 1974; el dispositivo de entrada para la Altair era una serie de llaves, el dispositivo de salida, una fila de luces. No podía imaginarme qué podría querer hacer con una Altair, pero parecía vagamente interesante. Unos pocos años después, dos aficionados a las computadoras hechas en casa, que sabían lo que deseaban ha-

cer, crearon la Computadora Apple. Diez años después de Altair llegó la primera Macintosh. La RV de hoy no está del todo en la etapa de Altair. La Apple Inc. de la industria RV no existe probablemente todavía. Pero las investigaciones que realizan Brooks, Fuchs, Pizer, Robinett y otros en Carolina del Norte hoy están echando las bases de los conocimientos sobre los cuales pueden edificarse las industrias en el futuro. Y así como Stanford fue el elemento clave en el éxito de Silicon Valley, la UNC y el cercano Triángulo de Investigación podrían ser los ganadores si se llega a materializar un verdadero *boom* industrial de RV. Llamo a este apartado "el nacimiento del complejo industrial realidad".

Las hojas acababan de brotar cuando viajé desde el aeropuerto por la campiña húmeda, chata, cubierta de árboles, a Chapel Hill. Era un tiempo para andar en mangas de camisa. Tardes de madreselva. Pasé la mayor parte de la semana allí y descubrí que Chapel Hill era un pueblo universitario bucólico con buenas librerías y buen café, dos importantes factores de un nexo intelectual. Cuando aparqué y tomé el camino para ir a Sitterson Hall, tuve una aventura en *verdad virtual*: en SIGGRAPH 1989, la convención de gráfica computacional que realiza anualmente la Association for Computing Machinery, al inicio de aquel verano, Margaret Minsky mostró un videotape del "paseo arquitectónico" de RV en la UNC: una reproducción tridimensional, completamente viva, del interior de un edificio que se había convertido en un mundo virtual que se podía explorar llevando un HMD y caminando sobre una rueda móvil conectada con una computadora. Ahora, entrar en el vestíbulo real por primera vez era como entrar en el mundo virtual en la cinta que yo había visto ese verano. Al entrar en el universo vertiginoso de la RV, busqué el cuarto verdadero donde me pondrían un HMD y me harían caminar por el modelo tridimensional del edificio en el cual yo ya estaba.

Encontré la oficina de Warren Robinett, su oficina física. No lo había visto durante años. Sigue siendo de hablar suave, inquebrantablemente confiado en que sabe lo que hace, cautivado siempre por el puro placer de crear un universo a partir de un código de programación. Desde que lo conozco, Robinett ha querido construir un mundo en el cual la gente pueda arrastrarse, tener aventuras y aprender cosas. *Rocky's Boots*, su juego de computadora que enseñaba lógica algebraica de Boole a los niños de diez años, atrajo mi atención por primera vez en 1983 cuando escribía un artículo sobre software educativo. Había oído por primera vez su nombre en relación con una de las leyendas clásicas de la industria de videojuegos. Robinett fue un programador de juegos en Atari durante sus años de gloria. También era un aficionado a un juego basado en textos llamado *Adventure* que los investigadores de computación jugaban en las grandes computadoras. *Adventure* es un mundo virtual en el sentido conceptual: el juego transcurre en un mundo subterráneo imaginario de cuevas y cuartos, y los jugadores avanzan por ese mundo, aprenden su cartografía, acumulan armas y riquezas, superan obstáculos, matan dragones, todo ello tecleando órdenes tales como "ve al norte" y "alza la espada". El espacio

físico no se representa, sino que se describe; las únicas escenas visuales están en el ojo de la mente del jugador. La computadora sigue la pista de donde uno está.

Robinett creía que *Adventure* sería un gran tema para un videojuego gráfico, en el cual el juego podría transformarse desde el mundo conceptual del texto al mundo pictórico de los gráficos de computadora. Había, sin embargo, un problema técnico. El videojuego familiar que las máquinas Atari vendían en aquel tiempo tenía una capacidad de memoria muy pequeña. El código de programación que hacía funcionar el juego tenía que ser extremadamente conciso —"compacto" como solían decir los programadores—. La versión original de Robinett ocupaba varios cientos de Kilobytes (Kb) de la memoria RAM de una computadora en un laboratorio de inteligencia artificial de Stanford. El cartucho del juego de Atari no podía contener más de 4 Kb. El jefe de Warren estaba convencido de que sería imposible convertir la versión principal de *Adventure* en un programa suficientemente compacto para un producto Atari, y rechazó la petición de Robinett, de modo que éste creó de todos modos el juego contrariando las órdenes del jefe, y el juego terminó siendo uno de los éxitos de Atari.

El acento de Missouri de Robinett sonaba más amplio y profundo en Carolina del Norte que en Silicon Valley. Recordó que se había sumergido en el auge de programación de los videojuegos a finales de los años 70 por la misma razón que los adolescentes gastaban fortunas en monedas de veinticinco céntimos por las ranuras de Pac Man y de los Invasores del Espacio. Él cree que el ciberespacio tiene la misma fascinación, por los mismos motivos, como un videojuego bien diseñado.

—Los chicos de once años se aficionaron enseguida a los videojuegos, instintivamente —explicaba Robinett—. Creo que su instinto era acertado. Hay algo en los gráficos interactivos en una pantalla que realmente se posesiona de uno. Pienso que el proceso de aprender requiere ejemplos concretos, y en una computadora se pueden hacer modelos gráficos maravillosamente interesantes y detallados. Y sólo fue recientemente, después de que los videojuegos y el software educativo se hubieron establecido como industrias, que el mundo científico ha aceptado la idea de que los gráficos de computadora pueden ayudarle a comprender sus pilas de números. Esto se llama ahora "visualización científica". A los científicos les llevó una década llegar a ver lo que era evidente para cualquier chico la primera vez que tocaba un videojuego: el poder de los gráficos computacionales interactivos.

La facultad de la UNC vio el valor de tener un veterano del auge de los videojuegos, en la NASA, en el proyecto Ames, en el equipo de investigación de RV. Brooks viene de la vieja escuela de las grandes computadoras y de la ciencia computacional. Henry Fuchs también ha recorrido el camino de la investigación universitaria. Pero Warren Robinett proviene de la cultura práctica de los brujos programadores a quienes les gustaba realizar proezas de software que otros consideraban imposibles. Unos cuantos entre los mejores ga-

naron muchísimo dinero durante pocos años. Robinett trabajó para Atari a fines de los años 70, ganó algo de dinero, abandonó su trabajo, recorrió Europa y reflexionó mucho a principios de los 80 sobre lo que iba a hacer con la energía de las simulaciones gráficas interactivas.

Robinett estaba empeñado en elaborar un elegante software que *demostrara* por qué estaba tan entusiasmado en lugar de teorizar solamente sobre el maravilloso potencial de las computadoras. Tenía la hermosa intención de crear algo porque quería jugar con eso, y proyectarlo para que tuviera un valor educativo intrínseco, para realzar las vidas humanas, y al mismo tiempo para ganar dinero. Le recordé que cuando lo había entrevistado por primera vez, siete años atrás, una de las primeras cosas que me dijo fue: "Lo que en realidad estoy haciendo es *simulaciones gráficas interactivas* y debes anotarlo porque cada una de esas tres palabras es importante". Recuerdo que me explicó que un videojuego realmente emocionante tenía que ser una simulación de un mundo de alguna clase, tenía que representar sus conceptos clave gráficamente y el jugador debía tener algún modo de "interactuar" con los gráficos en la pantalla y el mundo simulado.

Rocky's Boots, por ejemplo, era un juego de aventura gráfico, pero en este caso la aventura no consistía en encontrar el camino a través de una gruta, cazando serpientes o buscando tesoros. Warren descubrió un modo de usar un cursor para tocar diferentes objetos gráficos arrastrándolos a una posición en que se acoplen, construyendo así simples "máquinas" que cumplen una tarea. Los niños pequeños descubrieron que podían ganar pericia en la construcción de esas "máquinas" de videojuegos, del mismo modo que habían adquirido pericia para derribar invasores del espacio o comer partículas de energía. Los símbolos en *Rocky's Boots* que Robinett desarrolló junto con los educadores Ann Piestrup, Teri Perl y Leslie Grimm en un estudio de software educativo, conocido como *The Learning Company*, no son meros símbolos arbitrarios. En efecto, son los mismos símbolos que cumplen las funciones de la lógica "booleana" o algebraica. Las "máquinas" que los jóvenes jugadores construyeron son en realidad circuitos lógicos funcionales. La combinación de matemáticas y lógica no se enseña por lo general hasta la enseñanza secundaria o universitaria, y es uno de los fundamentos teóricos del diseño de computadoras y programación.

Después de *Adventure* y *Rocky's Boots*, programar software para un mundo virtual le pareció a Robinett el paso natural siguiente. En 1986, la visión de Scott Fisher de una plataforma de investigación de RV atrajo a Robinett a la NASA. Dos años más tarde, cuando el proyecto de la NASA creció hasta un punto en que él ya no estaba en condiciones de controlar la ingeniería de software, cuando el asunto se convirtió en una cuestión de ir a reuniones y defender y vender un punto de vista sobre la forma en que el proyecto debía llevarse a cabo —en lugar de hacerlo simplemente como hubiera sido su deseo—, Robinett dejó la NASA y se fue navegando al Pacífico Sur. Cuando volvió, recorrió Estados Unidos y decidió ver qué ocurría en la UNC. Después de conocer

a Frederick Brooks, Henry Fuchs y Stephen Pizer, decidió mudarse a Chapel Hill e integrarse en el laboratorio de RV. Parte de su entusiasmo provenía de su desconfianza de los jefes y de las burocracias. De toda la gente en la RV, Frederick Brooks es quien sabe cómo hacer feliz a un programador.

—Cuando hables con Fred Brooks —me dijo Robinett— asegúrate de preguntarle sobre amplificación de la inteligencia. Por eso vine aquí. Eso encaja perfectamente con mi concepto de la gráfica computacional: yo quiero usar las computadoras para expandir la percepción humana. Poseemos algunos sentidos incorporados como la visión, el oído y el olfato, pero hay muchos fenómenos que pasan inadvertidos para nosotros. Son ejemplo de ello los rayos X, la radioactividad, la electricidad y el interior de los objetos opacos. Se puede decir que carecemos de sentidos para percibir esas cosas. Pero usando sensores electrónicos y displays de computadora, podemos hacer visibles esos fenómenos imperceptibles. O audibles o tocables. El aparato que puede hacer eso lo llamo transductor sensorial.

"Una cosa en la que estamos trabajando aquí en la UNC es en acoplar un escáner ultrasónico al display de cabeza, de tal modo que en lugar de mirar una imagen ultrasónica en un monitor, un médico podría colocarse el dispositivo de cabeza y mirar directamente el tejido vivo. Esto sería, en efecto, un sentido sintético similar a la visión de rayos X de Supermán. Me di cuenta después de que lo que yo hacía con *Rocky's Boots* era hacer visible la electricidad en circuitos simulados, de modo que mi trabajo anterior también usaba computadoras para expandir las percepciones humanas."

Robinett me llevó, para presentarme a Ming Ouh-Young, el licenciado principal para el proyecto, a un rincón del laboratorio de gráfica computacional donde estaba instalado el ARM. El departamento de ciencias de la computación incluye varios pisos de aulas, oficinas, salas de lecturas, talleres de hardware y software. El laboratorio de gráfica computacional comprendía un gran espacio común donde los estudiantes e investigadores estaban sentados en sus sitios de trabajo observando las pantallas con la mirada absorta que se ve en lugares como ése. Como suele suceder, unos pocos jugaban a la *Guerra espacial*, ese pasatiempo histórico e inevitable de los programadores de gráfica computacional. En un rincón del gran local, una antecámara alojaba el ARM y otros displays del mundo virtual.

En primer lugar, Robinett y Ouh-Young me dieron un ejercicio de animación. Antes de que se remitieran a los gráficos, yo tuve que andar a tientas en el mundo de la realidad virtual, a ciegas con mi mano, muñeca, brazo y hombro.

—El ARM está conectado con una caña de pescar virtual —indicó Robinett.

—Si levantas el pez demasiado bruscamente, lo vas a perder. Si no te resistes se alejará nadando —agregó Ouh-Young.

El ARM se sacudió. Yo tuve una sensación fantasmagórica, como si sintiera algo *vivo* en el otro extremo del sedal que fuera producido por una briosa trucha. Después de haber llevado el pez virtual a un depósito virtual y haber-

lo soltado para que se reincorporara a la corriente virtual, yo estaba listo para lidiar con las fuerzas moleculares.

Flotando en el espacio de la pantalla, a nivel de la mirada, había un modelo visual —generado por la computadora— del sitio receptor dentro de la proteína humana reductasa dihidrofolata. La proteína semejaba una escultura ligera, irregular, hecha de nubes de puntos azules y rojos reunidos formando pelotas de playa y de tenis fusionadas. Parecía tener medio metro de diámetro, a una distancia de un brazo de mí, y semejaba flotar en medio del aire. Las nubes coloreadas, en forma de esferas, estaban agrupadas, dobladas y trenzadas formando un bolsillo geométricamente complejo: el sitio de anclaje. Compárese con una especie de rompecabezas tridimensional en el interior de una cerradura; la llave acertada abre una puerta "resolviendo" la cerradura.

Entre el modelo de la proteína y mi mano flotaba un modelo de molécula más pequeño en forma de delgadas líneas amarillas, semejantes a alambres rígidos, brillantes, que representaban los ángulos entre los átomos de una molécula sintética: metrotrexato, la "llave" candidata. No se trataba de representaciones gráficas de moléculas, sino de simulaciones multidimensionales de esas moléculas, incluso todas las medidas que los químicos usan para describir el comportamiento molecular, los vínculos visibles se podían estirar sólo hasta allí, y cuando las dos moléculas se habían juntado, los átomos vecinos se atraían o se repelían de acuerdo con las reglas físicas que rigen las fuerzas electromagnéticas a nivel molecular. Los sólidos en forma de nubes y las figuras en forma de bastón eran sólo dos de las muchas representaciones de las entidades modeladas. Eran representaciones invisibles pero literalmente palpables al mismo tiempo. Cuando intenté empujar los modelos acercándolos y ejerciendo una fuerza sobre el ARM, la reacción que sentí fue análoga a la que se produciría en el comportamiento de las moléculas físicas si se las empujara en el espacio físico.

La manivela me permitió usar los movimientos del brazo y la mano para manipular los modelos en su relación recíproca. Cuanto más usaba la manivela para hacer girar los modelos que flotaban en medio del aire, tanto más tridimensionales parecían. Mi misión consistía en usar la manivela del ARM para maniobrar las piezas del rompecabezas tridimensional colocándolas bastante próximas, en una relación espacial precisa, para que se vinculen en una operación afortunada. Si se puede encontrar un producto químico que logre semejante encaje en la forma proteínica en una célula tumoral o una bacteria patógena, entonces es un compuesto potencialmente útil desde el punto de vista médico.

Aunque no soy químico, pude encontrar rápidamente la posición aproximada en que las fuerzas moleculares entre dos moléculas están en el alineamiento necesario para el anclaje. Yo jugaba un juego molecular con reglas específicas; las reglas eran traducidas en cambios visibles en el display gráfico, como los cambios de color o de forma, traducidos auditivamente en "tintín" cuando dos moléculas virtuales chocaban entre sí, y se traducían "hápticamente" en un modelo de fuerzas electromagnéticas que yo asía literalmente con las manos.

La percepción "háptica" abarca esa mezcla de sentidos que englobamos en la categoría de "tacto", pero "háptico" no es estrictamente táctil a la manera en que las puntas de nuestros dedos conducen información acerca del mundo exterior; más bien, los cometidos "hápticos" como sacar un pez o anclar una molécula también usan el sentido interno del cuerpo de autopercepción que nos informa sobre la posición de nuestros miembros uno con relación al otro y con el espacio que nos rodea.

La autopercepción humana incluye un sistema de sensores internos en las articulaciones y en los músculos para detectar cambios de presión y posición. Un sistema de procesamiento más elevado detecta patrones significativos entre los mensajes que provienen de los autoperceptores del cuerpo (por ejemplo, *este* patrón de mensajes significa que su cuerpo está por volcarse hacia adelante si no hace algo al respecto; *aquel* patrón de mensajes significa que usted está empujando algo pesado y pulido sobre una superficie de baja fricción). El tercer sistema de información de la autopercepción consiste en los efectores que transmiten órdenes desde los sistemas sensoriales a los músculos: los microajustes que nos mantienen derechos y guían nuestros movimientos. Parte de la vida cotidiana, que es tan común que apenas la notamos, es el rápido y silencioso procesamiento de la información y la fina habilidad muscular de coordinación que nos posibilitan mover la mano en la dirección exacta cuando decidimos alcanzar un vaso de agua. Un bailarín es un virtuoso de la autopercepción. La háptica abarca tanto los sentidos autoperceptores como los táctiles, en concierto con otros sentidos.

El ARM y el sistema de manipulaciones moleculares fueron un medio para usar las capacidades muy refinadas del sistema háptico humano como un asidero para un mundo virtual con reglas propias. Es ahí donde se puede producir la amplificación intelectual, donde el display puede ayudar a elevar la comprensión de un novato o impulsar a un experto hacia la introvisión. La razón para molestarse en traducir modelos de computadora a displays hápticos es para aprovechar la ventaja de saber que los sistemas hápticos humanos son extremadamente buenos para decodificar las reglas de su entorno con gran rapidez. En un sistema háptico hombre-computadora, la parte humana del sistema encuentra los patrones significativos; la parte háptica confiere a las fuerzas invisibles formas humanamente perceptibles. La cuestión más importante consiste en encontrar el problema tridimensional correcto relacionado con los patrones adecuados, para ser resuelto con un sistema háptico asistido por computadora; eso suena terriblemente abstracto hasta que uno llega a los medicamentos anticancerosos, la medicina por imágenes y las herramientas para diseño de aviones. Por cierto, gran parte del valor científico y tecnológico de los sistemas de RV háptico deriva de los problemas del mundo real, que requieren un sistema de aptitudes hápticas y computacionales para llevar a cabo tareas que tenemos mucho interés en realizar. Al referirse a esas aplicaciones que estimulan el progreso de las ciencias y las tecnologías, Frederick Brooks las denomina "problemas conductores".

El ARM ejerció la suficiente fuerza como para cansar mi brazo cuando luché activamente con él durante muchos minutos. Procuré rotar, torcer, atascar, hacer girar la cosa para colocarla en su lugar, mirando el rompecabezas tridimensional y manipulándolo con la mano. Sin saber casi nada acerca de la química simbolizada por las nubes coloreadas que flotaban en un espacio virtual y las articulaciones de juguete que podía sentir en mi brazo, logré llegar a un lugar donde el ARM resistía un mínimo entre todos sus grados de libertad. Se parecía más a jugar a un videojuego o tocar un trombón que a la resolución de un problema de química que recordara de la escuela secundaria. Parece como si hubiera un pequeño hoyo de relajación en medio de esa nube de un rompecabezas de fuerzas, y si uno puede abrirse camino para entrar en él, los tintineos confusamente reveladores se apagan y el brazo tiene que trabajar con mucho menos vigor.

Cuando impulsé la molécula en una zona hápticovisual, pequeños vectores blancos se dispararon desde los rincones del esqueleto de metotrexato. Ming Ouh-Young llamó mi atención sobre una serie de botones metálicos en el brazo. Yo sujetaba la molécula en su sitio con mi brazo derecho. Con la mano izquierda, podía mover la molécula del fármaco hasta que desaparecieran las líneas blancas. Siempre que mis manipulaciones hacían que un límite cruzara el umbral del valor de las "fuerzas de choque" moleculares, yo percibía un tintineo audible. La combinación del sonido y de la resistencia física del ARM, que hacía creer que en realidad yo chocaba con algo sólido "ahí afuera", habría sido mucho más significativa si yo hubiera sabido algo de química.

Después de la demostración del ARM, cambié mis gafas claras del display de anclaje molecular por un HMD, me alejé del ARM y subí a una plataforma móvil. Así tuve la oportunidad de pasear por Sitterson Hall en el ciberespacio, como lo había previsto cuando entré caminando en el edificio (físico).

La versión virtual de Sitterson Hall fue otra de las aplicaciones que me atrajeron a Chapel Hill. La idea de usar paseos arquitectónicos como uno de los "problemas conductores" para el desarrollo de RV reside en que lo principal que hacen los arquitectos es concebir modelos de estructuras tridimensionales. Éste es un problema perceptivo y cognitivo complejo, exactamente el tipo de problema que los humanos todavía resuelven mejor que las computadoras. Los arquitectos edifican modelos mentales de los proyectos que desean construir, pero estos modelos sólo existen en el ojo de la mente individual del arquitecto y eso explica por qué se hacen tantos bocetos y borradores para comunicar esos modelos mentales a los clientes. Cuando necesitan comunicar sus especificaciones a los contratistas, los modelos de los arquitectos se formalizan, pero siguen plasmándose en sólo dos dimensiones, sobre una hoja de papel plana o una pantalla de display. Dado que los arquitectos invierten mucho tiempo en pensar en tres dimensiones, tienden a tener más habilidad en concebir los espacios tridimensionales en representaciones bidimensionales. Pero hay muchos aspectos de cualquier proyecto —los efectos de la diferente

iluminación de los espacios complejos, o la acústica o los efectos sísmicos por ejemplo— que superan las aptitudes de los modelistas mentales más diestros. Un modelo tridimensional lo suficientemente grande como para caminar por él, podría estimular la aptitud del arquitecto para concebir espacios tridimensionales y podría ayudar a los clientes a que comprendan algo de lo que los arquitectos ven en su imaginación.

El dimensionamiento a escala es un gran poder de los objetos virtuales. Se puede alojar un edificio en una computadora, hacer que se contraiga tanto y se vuelva tan pequeño como si se lo mirara desde el infinito, o expandirlo lo suficiente como para deambular por él. Con una computadora bastante potente, usted puede reducir el edificio en el que se encuentra y colocarlo en su bolsillo virtual en el ciberespacio, extraerlo y expandirlo hasta el tamaño natural a una voz de orden. Si está dispuesto a sacrificar detalles, puede modelar una ciudad entera. Cuando Sitterson Hall estaba en su etapa de planeamiento, los investigadores de RV que iban a trabajar en el edificio multimillonario después de que estuviera terminado, convirtieron los planes de los arquitectos en un modelo tridimensional a gran escala, que sólo existía en el ciberespacio. Cuando las personas que iban a trabajar en el edificio "caminaron" por él, muchos sintieron que un determinado tabique en el *lobby* creaba una sensación de encierro en un pasillo muy concurrido.

Los arquitectos no estaban de acuerdo hasta que los futuros ocupantes del edificio usaron el modelo tridimensional para ofrecer a los planificadores un paseo por él. El tabique fue suprimido. El edificio se construyó.

Meses después vi por primera vez una grabación del edificio virtual, entré en el edificio físico, encontré el cuarto donde me coloqué las cibergafas sobre los ojos, luego entré en el edificio virtual y atravesé la antesala virtual, por delante del tabique cuestionado en la posición propuesta originariamente. Cuando bajé por el hall virtual, me pareció más estrecho que la configuración con la que lo habían terminado. Pude deambular por los corredores de todo el edificio mientras que físicamente nunca dejaba un pequeño cuarto, porque daba pasos sobre una plataforma móvil, sosteniéndome de un par de manijas. Cuando quise girar a la derecha y descubrir qué había al fondo del pasillo que pudiera ver en esa dirección, giré las manijas y seguí caminando derecho. Me llevó un minuto acostumbrarme. Encontrar la manera de caminar en verdad en el mundo físico, explorando al mismo tiempo un gran mundo virtual, es uno de los desafíos tecnológicos en ese campo de aplicación. En la UNC, el piso móvil brindó una solución. Seis meses más tarde, en Japón, conocí a un hombre que usó unos arreos fijos, una articulación universal y patines de rodillos para resolver el mismo problema.

Cuando en 1989 entraron en la industria de la RV, Autodesk y VPL, vendedores de software en California, uno grande y uno pequeño, la noción de paseos arquitectónicos dejó los dominios de la investigación e ingresó en el mundo del desarrollo comercial. Si la exclamación ahogada que presencié en una convención de proyectistas que trabajaban con la ayuda de computadoras

en Anaheim, o el interés que encontré en Kawasaki, en los altos niveles del laboratorio de investigación y desarrollo de Fujitsu, son una indicación de futuro, la revolución de la RV como herramienta de diseño probablemente adquiera velocidad en los próximos cinco años, y eso podría producir un mayor efecto sobre otras actividades en los próximos diez años. La siguiente fase de desarrollo será conducida por las empresas comerciales que aprovechen lo que brinda la RV para el diseño asistido por computadora, una industria floreciente de por sí, que impulsa la productividad en otras industrias. Los efectos económicos de agregar un amplificador intelectual a la etapa inicial de un proceso de planificación pueden propagarse a través de una industria que trata con objetos tridimensionales. (El mundo del diseño y el uso de los paseos arquitectónicos son tema de un capítulo posterior.)

Cuando pasé otra vez por el laboratorio de gráfica computacional, después de la demostración de HMD, vi una imagen flotando sobre la pantalla en el otro lado de la sala, que semejaba algo tomado de una película de terror, como si alguien hubiera desprendido la carne de un cuadrante de un cráneo humano. Me adelanté para mirar más de cerca. Marc Levoy estaba demostrando la técnica de la medicina por imágenes conocida bajo el nombre de "representación volumétrica". Un examen más próximo de la imagen de color en la pantalla reveló las diferentes capas de tejidos blandos y duros en el cráneo, representadas con diferentes grados de transparencia. Levoy pulsó una instrucción en el teclado, y capas de cartílagos o envolturas óseas fueron apareciendo o desapareciendo, volviéndose opacas o transparentes. El centro de la acción no residía aquí en exhibir todo en tres dimensiones, sino en resolver el problema de "visualización" intrínseco procurando ver a través de un material otra clase de material: ¿qué colores, texturas de sombras, niveles de transparencia funcionan mejor al hacer visibles las estructuras anatómicas?

Desde la obstetricia hasta la ortopedia, todo fue afectado por el tremendo progreso en las tecnologías médicas de imágenes, impulsado por la introducción de la computadora como forma de manipular información por imágenes digitalizadas. Los rayos X permiten a los médicos ver a través de un tejido blando, pero se limitan a una sola "tajada" que atraviese al paciente. Las exploraciones mediante CAT [1] emplean el control de computadora para reunir un "abanico" de tajadas de imágenes consecutivas; la reconstrucción tridimensional de la anatomía del paciente a partir de ese abanico tiene lugar en la mente de los diagnosticadores. El ultrasonido puede utilizarse en tiempo real, pero también da una representación bidimensional sobre una estructura tridimensional. De modo que la medicina por imágenes es un caso especial de visualización científica y parece beneficiarse con los mismos adelantos del grafismo computacional que permiten la visualización en las ciencias físicas. El trabajo de Levoy era parte de un esfuerzo coordinado por varios especialistas de diferentes disciplinas para elaborar herramientas de RV para la medicina por

1. Tecnología asistida por computadoras. *(N. del T.)*

imágenes. Volví otra vez al vestíbulo —observando que no podía dejar de notar cuán realista podía ser la iluminación en la vida real— y pasé el resto de mi primera tarde en Chapel Hill conversando con Stephen Pizer, el jefe de un equipo que incluye a científicos de la computación, radiólogos, oncólogos de la radiación, cirujanos y psicólogos perceptuales.

—Queremos saber cómo mejorar las imágenes médicas —me dijo Pizer en su oficina esa tarde—. Eso incluye no sólo la presentación de imágenes médicas en tres dimensiones, sino además su empleo en el ejercicio de la medicina para planificar el tratamiento por radiación, planificar la cirugía y el diagnóstico.

Es fácil comprender por qué un cirujano querría poder visualizar de antemano a determinados pacientes, en tres dimensiones, antes de operarlos. No me resulta tan claro el interés en planificar el tratamiento por radiación, así que se lo pregunté.

—El fin de planificar el tratamiento por radiación consiste en encontrar un plan para enviar gran cantidad de radiación a un tumor y minimizar la exposición a la radiación en otras regiones —explicó Pizer—. Los haces de radiación atraviesan el tejido sano del paciente en su trayecto hacia el blanco, pero si el tumor es sometido a un fuego cruzado de haces desde diferentes ángulos, queda irradiado mucho más que el tejido circundante. Cada paciente, cada tumor, es diferente, y así lo es cada plan de tratamiento. Como el anclaje molecular y el paseo arquitectónico, la planificación del tratamiento por radiación es intrínsecamente un problema tridimensional.

"Un problema que se plantea para planificar la radiación con haces externos —continuó Pizer— es encontrar todas las vías posibles para disparar un rayo a un tumor sin atravesar el tejido más radiosensible. Se desea poder visualizar el haz con respecto al tejido sano del paciente y al tumor y se desea poder visualizar la anatomía con respecto a alguna representación visual de la dosificación.

James Chung, uno de los licenciados que trabajaba en el equipo de Pizer, me mostró más tarde un sistema prototipo para planificar un tratamiento por radiación. La idea clave reside en que el planificador puede usar un HMD u otro display tridimensional para mirar a lo largo del haz de radiación propuesto. El planificador puede seguir el haz a través de los otros tejidos de la mejor manera, dadas las mejores técnicas de representación tridimensional, selectivamente transparentes.

Pizer destacó la importancia de encontrar —no sólo para los diagnosticadores y planificadores de tratamientos— un método para visualizar lo que está en el interior de un paciente, desde distintos ángulos.

—El proceso de mover la cabeza y los ojos, de mirar alrededor, es una parte importante de la visión —señaló—. Las pistas sobre profundidad, asociadas con el movimiento natural son muy fuertes, y crear un mundo virtual en el que uno se mueve y cambia su visión de las cosas como lo haría en el mundo común es importante, no simplemente para espolear la imaginación y su-

perar la incredulidad, sino para brindarle una percepción adecuada. Tenemos un psicólogo perceptual en nuestro equipo para que nos ayude a determinar qué aspectos de un objeto revisten importancia para que los perciba un experto, diagnosticador o cirujano. Trabajamos con cirujanos para descubrir qué clase de información, visual o de otro tipo, necesitan para practicar incisiones, sondajes, inserciones para biopsias, etcétera.

Dentro de algún tiempo, en el futuro, será posible modelar y ensayar delicadas operaciones usando la imagen real del diagnóstico de cada paciente, imitando no sólo la colocación de los órganos sino también la impresión que produce el escalpelo cuando corta el tejido. Esa simulación, que ya está en sus primeras etapas en Stanford así como en la UNC, se encuentra a una distancia de años o décadas todavía. Mientras que los trabajos más avanzados en simulación quirúrgica están aún en sus etapas de planeamiento, Pizer señaló que "los miembros del equipo de planificación para el tratamiento con radiación están usando, de hecho, la planificación de tratamiento en pacientes". Es demasiado pronto para tener resultados médicos definitivos, pero los informes iniciales recibidos de los planificadores están llenos de entusiasmo.

La formación de imágenes médicas está constituida por dos clases de sistemas. El "transductor" detecta información sobre estructuras que, de otro modo, estarían ocultas debajo de la piel. Los rayos X disparan haces de radiación de alta energía a través del cuerpo, exponiendo una película fotográfica por el otro lado. Los exploradores ultrasónicos usan ondas de alta frecuencia como una especie de "sonar" interno, rechazando las frecuencias inaudibles de los tejidos internos para proveer información que se transforma en una videoimagen. Dado que las técnicas de formación de imágenes con rayos X no son saludables para los fetos, en obstetricia se usan ampliamente las imágenes ultrasónicas. Aunque la calidad de las imágenes es a menudo borrosa, lo más emocionante del ultrasonido para los futuros padres (y sus médicos) es la posibilidad de observar cómo se mueve el feto. Si los transductores de ultrasonidos pudieran de algún modo trasmitir con nitidez la información estructural tridimensional, tal vez la RV podría realzar el otro sistema integrado en las imágenes tridimensionales, la representación visual de la información proporcionada por la tecnología sensorial.

Con respecto a los desarrollos futuros, Pizer observó:

—Uno de nuestros colegas está elaborando un sensor ultrasónico que producirá datos tridimensionales a la velocidad de unas decenas de imágenes tridimensionales por segundo. Piense en la imagen ultrasónica de un corazón humano latiendo en tiempo real como una especie de mundo virtual. Desde nuestro punto de vista, el desafío consiste en detectar datos tridimensionales y procesarlos para formar una imagen que se pueda examinar con la rapidez suficiente para que sea útil, lo cual no es fácil cuando el transductor provee información a una velocidad de dos mil millones de bytes por segundo. Es arduo el problema de la visualización cuando se trata de representar los diversos tejidos mientras se mueven en el interior del corazón. Es arduo el problema de

manejar la carga computacional creada por todos esos datos que ingresan con tanta rapidez. Los retrasos y las irregularidades de percepción en el HMD son problemas arduos. Ninguno de esos problemas es insoluble en principio, pero significan que no vamos a conseguir las gafas de rayos X enseguida.

"Las gafas de rayos X son más una visión de Henry Fuchs que mía sobre la dirección que debería tomar la tecnología, aunque creo que es buena —continuó Pizer—. Una vez que se colocan los mundos virtuales frente al cirujano o el diagnosticador, ¿por qué no colocarlos en el sitio al que pertenecen, es decir, en el paciente, superpuestos al lugar en que están alojados los órganos? Podríamos imaginarnos una situación en que los cirujanos puedan ver sus instrumentos quirúrgicos, puedan ver el tejido real de los pacientes mientras operan, y al mismo tiempo puedan ver una imagen aumentada que les permita ver detrás de toda la sangre y de las superficies opacas. ¿Cuánto tiempo llevará que esa visión madure y, a partir de proyectos pilotos afortunados, llegue a convertirse, prototipos mediante, en un instrumento médico? Me sentiría feliz de tener una solución en no más de diez años, y no creo que la haya en menos de cinco años."

A la mañana siguiente, en el edificio colonial restaurado que alojaba ahora una de las cafeterías, me encontré con Henry Fuchs, un individuo enérgico, de pelo rojo y bigotes, que no perdía el tiempo y no desperdiciaba las palabras. Me dijo enseguida que, según él, el interés por la RV en los medios de comunicación era una mala idea. No se trata de que la promesa de la tecnología RV no sea realmente espectacular, como parecen serlo las predicciones de las gafas de rayos X y las ayudas de visualización científica. Se trata de que hay muchos problemas por resolver antes de que esas posibilidades demuestren ser prácticas. Las especulaciones en los medios masivos, en opinión de Fuchs, alimentan las expectativas de la gente respecto de progresos inminentes en una tecnología que tardará años, tal vez décadas, en madurar.

Fuchs debía saberlo. Ha estado trabajando en los arduos problemas de elaborar sistemas de RV operativos desde los principios de los años 70. Empezó la búsqueda de sus mundos virtuales en el mismo laboratorio en el que el pionero de RV Ivan Sutherland y otros habían construido los primeros HMDs que funcionaron a principios de los años 70.

—El problema del retraso, por ejemplo —argüía Fuchs—, aparece en los artículos de divulgación como un defecto de los sistemas de hoy que se resolverá probablemente pronto con algún chip. La cosa no es tan fácil.

Fuchs se refería al modo en que el mundo visual parecía retrasarse un poquito cuando uno movía la cabeza o iba caminando por un corredor. El retraso incorporado en la tecnología de detección de una posición, combinado con el retraso incorporado en las señales de procesamiento que proceden del Guante de Datos de VPL y del dispositivo rastreador de la cabeza, combinado con el retraso incorporado en los cómputos necesarios para mantener el modelo del mundo, produce un desfase temporal notable. Si desea que su mun-

do sea más detallado y realista, agregue más tiempo al retraso, y si quiere que se mueva, añada más tiempo al retraso. En la UNC, se adoptó la estrategia de abandonar por un tiempo el detalle fino a favor del movimiento, y procurar tener un movimiento natural siempre que se mueva el punto de vista del operador, para luego poner en marcha el detalle cuando el punto de vista del operador se estabiliza.

—Era obvio para mí y para cualquiera que trabajara con el HMD de Sutherland que el seguimiento era el problema más grande. En realidad hay que trabajar unos años procurando vencer el retraso para lograr la sensación de cuán grande es la diferencia entre 100 y 200 milisegundos —añadió.

Un proyecto especial en la UNC está elaborando un nuevo seguidor de posición que reducirá un poco el retraso: una sucesión de luces en el cielo raso será seguida mediante sensores electrónico-ópticos. Y otro de los proyectos de Fuchs, pixel-planes, está atacando el problema de la computación. Él se atenía a la idea de que, si bien la propia RV es una especie de avance desde el reino de la pantalla plana, el desarrollo de los sistemas tridimensionales verdaderamente útiles iba a proseguir de una manera tranquila con un ritmo creciente más que revolucionario. Si usted ha visto cuatro generaciones de arquitectura de microprocesadores buscando durante diez años una máquina adecuada, como lo hizo Henry Fuchs, supongo que dedicará una mirada poco favorable a las personas que aparecen en la prensa como "promotores" de la RV y que la describen como una "flamante tecnología de Silicon Valley" destinada a cambiar el mundo antes de la próxima temporada televisiva.

Aun teniendo en cuenta esas precauciones, Fuchs concedió que la idea de las "gafas de rayos X" no sólo era factible, sino que era una meta hacia la cual valía la pena esforzarse por llegar.

—Yo creo que en veinte o treinta años, tal vez en cincuenta de ahora en adelante, el método dominante en la medicina por imágenes podría muy bien ser un HMD con suficiente resolución, en el cual se podrían ver los datos superpuestos sobre el paciente: se podrán ver las costillas, la posición del feto y mover el transductor alrededor como un flash a fin de hacer el rastreo de algún órgano complejo, como el cordón umbilical —me dijo.

Asimismo, Fuchs, John Poulton y otros han estado trabajando a todo vapor con los sistemas de RV, para ordenar y clasificar la enorme potencia de computación requerida por todas las aplicaciones caprichosas y útiles de RV con las que sueña la gente. Si usted está interesado en la gráfica tridimensional generada por computadora, tiene que estar interesado en la potencia de cómputo. Y si bien todos los que trabajan en informática llegaron a aceptar el hecho de que la tecnología de escritorio de hoy será reemplazada por algo diez o cien veces más potente dentro de unos años, siempre parece haber en la realidad algo más de lo que se puede introducir en la computadora. Es ahí donde entran en juego métodos radicalmente nuevos para plasmar los aspectos computacionales de la RV. Lo que Fuchs, Poulton y sus colegas han hecho durante los últimos diez años fue crear chips de procesamiento que se conectan for-

mando una red que funciona como una computadora única. La "comunidad computadora" monstruo (o, más formalmente, "su arquitectura de computación masivamente paralela") se conoce bajo el nombre de pixel-planes. Cuando visité la UNC el último verano, pixel-planes 4 estaba formado por 250.000 procesadores. Esto significa, en efecto, que cada pixel, cada partícula del modelo informático tiene su propia computadora.

Aun las computadoras más rápidas cumplen sus tareas una a la vez. Las primeras computadoras podían realizar cientos de operaciones por segundo. Hoy, la velocidad de computación se mide en MIPS (millones de instrucciones por segundo) y extrañas unidades, como los "gigaflops", se proponen para la tecnología más rápida del mañana. Pero los sistemas RV desayunan con MIPS. Y, como todos los que se han aventurado en el campo de las simulaciones tridimensionales en tiempo real han descubierto, la RV requiere un híbrido de uso general y procesadores especiales para crear tan siquiera una grosera aproximación a la realidad. Una técnica general para alcanzar velocidades extremadamente altas de procesamiento es la arquitectura de computadoras llamada "paralelismo masivo", en la cual en lugar de una son muchas las computadoras dedicadas a la misma tarea, que lógicamente se subdivide de alguna manera. El hecho de que el costo de los chips de computadoras siga bajando a medida que crece su potencia hace posible conectar centenares y aun millares de chips formando sistemas especiales. Pixel-planes fue el nombre de varias generaciones de máquinas de RV que han sido construidas al efecto en la UNC desde el nivel de chips hasta la arquitectura paralela. El pixel plane 4 hizo posible que yo deambulara por un pasillo virtual en el cual podía discernir la textura del cielo raso y la luz difusa a través de la puerta abierta de una oficina. El pixel plane 5, que está en la etapa final de los ensayos en el momento en que escribo esto, será, según se supone, veinte veces más rápido que el pixel plane 4.

Me encontré con Frederick Brooks en el corredor el primer día que estuve en la UNC. Intercambiamos bromas. La noche siguiente, nos volvimos a encontrar en una fiesta que organizó Warren Robinett para el equipo de RV. En la reunión, hablamos de Douglas Engelbart, con quien habíamos trabado relación, un hombre cuya búsqueda del aumento intelectual presentaba un paralelo fascinante con el trabajo de Brooks sobre "amplificación de la inteligencia" (AI). Antes de sentarnos para charlar seriamente sobre RV, dediqué unas horas para releer los informes científicos, exquisitamente pulidos, que Brooks había publicado sobre su trabajo en las décadas pasadas. La prosa científica puede ser mortífera, pero Brooks tiene un toque de literato que combina lógica, retórica y algo de imaginería poética: "Nosotros los grafistas informáticos coreografiamos puntos coloreados sobre una botella de vidrio para confundir el ojo y la mente haciéndoles ver escritorios, naves espaciales, moléculas y mundos que no existen y nunca podrán existir", escribió en su artículo titulado "Captar la realidad mediante la ilusión: el grafismo interactivo al servicio de la ciencia". Al hablar de los científicos de las computadoras como for-

jadores de herramientas, escribió: "Si percibimos nuestro rol con acierto, vemos entonces con más claridad el criterio adecuado para el éxito: un fabricante de herramientas tiene éxito si y sólo si los *usuarios* de su herramienta tienen éxito con su ayuda. Por más brillante que sea la hoja, por más enjoyada que sea la empuñadura, por más perfecta que se la forma, una espada se prueba sólo cortando. Ese forjador de espadas tiene éxito cuando sus clientes mueren a edad avanzada".

Frederick Brooks es un caballero de hablar suave cuyas presentaciones escritas y verbales adoptan una elegancia formal pero familiar; tiene el ritmo de un narrador y por lo general mezcla lógica y retórica con un toque de poesía. Por momentos parece un orador del gran estado de la RV. Decididamente el ambiente echa anclas en tierra firme cuando se lo encuentra junto con las últimas luminarias de RV, tales como Jaron Lanier, y se me agota la imaginación al pensar en la posibilidad de encontrar a Frederick Brooks y Timothy Leary discutiendo en el mismo panel. Aunque algunos consideren que la investigación de los mundos virtuales no es ortodoxa y es esotérica, las credenciales de Brooks desmienten esos pensamientos. Él sabe lo que está haciendo, sabe por qué lo está haciendo y lo ha sabido por cierto tiempo. Seguí el ejemplo de Warren Robinett y le pedí a Brooks que me dijera qué significaba AI. Sentado en su oficina de Sitterson Hall, recostado en su silla con las manos en la nuca, me pareció tan elocuente como formal era su voz en sus escritos científicos. Sonrió. Él sabía que me había preparado y no le importaba.

—Creo que el uso de los sistemas de computadoras para la amplificación de la inteligencia es hoy mucho más intensivo y lo será en cualquier momento en el futuro que el uso de las computadoras para la inteligencia artificial (IA) —declaró Brooks—. En la comunidad de la IA, el objetivo es reemplazar la mente humana por la máquina, su programa y su base de datos. En la comunidad AI, el objetivo consiste en construir sistemas que amplifiquen la mente humana proveyéndole auxiliares, basados en la computadora, que hacen las cosas que la mente tiene dificultades para hacer.

Brooks considera tres áreas en las que la mente humana es más poderosa que cualquier algoritmo elaborado hasta ahora.

—La primera es el *reconocimiento de imágenes*, sean visuales o auditivas —dijo—. Los computadores científicos ni siquiera tienen un buen método para aproximarse al poder de reconocimiento que usa un bebé de una semana para reconocer la cara de su madre desde un ángulo y con una iluminación que no haya visto antes.

En tal caso, según cree Brooks, es posible multiplicar ese poder, usando la computadora, para mostrar a los humanos imágenes que éstos normalmente no son capaces de percibir, y dejar que el aspecto humano del sistema decida cuáles son significativas.

La segunda área importante de la superioridad humana sobre lo computacional es el dominio de lo que Brooks llama *evaluación*: "Cada vez que uno va al supermercado, realiza evaluaciones a las que los algoritmos que tenemos

hoy sólo se pueden aproximar groseramente". La tercera zona de la superioridad mental humana está en "el sentido global de *contexto* que nos capacita para recordar, en el momento apropiado, algo que hemos leído en una oscura revista veinte años atrás, con referencia a un tema completamente diferente y que de pronto se nos aparece como significativo".

De acuerdo con Brooks, los tres campos en los que las computadoras son más diestras que las mentes humanas son "evaluación de cálculos, acopio de cantidades masivas de datos y memorización de cosas sin posibilidad de olvidarlas".

Pregunté a Brooks cómo creía él que debía estructurarse un sistema cooperativo hombre máquina, y me contestó:

—Pienso en un sistema ideal para abordar un problema muy difícil. La máquina hace los cálculos, memoriza y busca las bases de datos, entendiendo por cálculos la evaluación de algunas funciones muy complicadas, mientras que el ser humano ejerce la estrategia, la evaluación, el reconocimiento de imágenes, planifica y busca información en un contexto.

"Cuando uno trata de definir la interfaz para ese sistema, se acerca al umbral de la RV. Brooks lo presenta como una lógica ineludible, la misma lógica que siguió el pionero del grafismo informatizado Ivan Sutherland en 1965 cuando hizo el primer dispositivo de cabeza y organizó el orden del día para todos aquellos que en el futuro buscaran medios para colocar al usuario dentro del mundo creado por la computadora, en lugar de atisbar a través de una estrecha ventana.

Brooks continuó:

—La cuestión ha sido siempre cómo acoplar las partes humana y de máquina del sistema. Recuerdo un anuncio en una revista, hace años, que mostraba una cabeza humana vista desde arriba. El encabezamiento decía "la parte más difícil de la comunicación son las últimas cuatro pulgadas". Dicho en pocas palabras: ¿cómo llevamos información de la máquina a la cabeza, y cómo llevamos información de la cabeza a la máquina? Y esto nos conduce inevitablemente al grafismo por computadora, porque el ojo es un canal de información de banda ancha y ya está diseñado para absorber toda clase de procesamiento de información especializada y para el reconocimiento de imágenes en tiempo real. Desde los primeros tiempos, al construir sistemas de amplificación de la inteligencia, se ha puesto la mira en el grafismo computerizado como un medio para ir desde la máquina a la mente.

"Ya en 1965, Ivan Sutherland, en su gran discurso en el congreso de IFIP (International Federation of Information Processing) presentó un programa explícito para el desarrollo del grafismo computerizado, definió el concepto de mundo virtual y dijo que deseábamos penetrar en él no sólo con nuestro sentido visual, sino que queríamos penetrar en él con nuestros oídos, queríamos penetrar en él con el sentido del tacto también. Queremos usar todos los canales para comunicarnos con el ser humano que la mente ya sabe cómo interpretar. Sutherland dijo también que uno crea el modelo matemático del

mundo virtual en la computadora y luego desea que parezca, se sienta y suene lo más parecido posible a un mundo real al que está acoplada la mente humana.

"Mirando en otra dirección, la misma cosa es cierta respecto al modo en que los seres humanos se expresan con los objetos físicos, empujando, tirando y manipulando con las manos. Y así, en la investigación de los mundos virtuales, desde los primeros tiempos, hemos puesto el acento en las ricas interfaces manuales con gran variedad de joysticks, cursores, botones, manipuladores e indicadores, con los que las personas manipulaban directamente los objetos en tres dimensiones sin hacer nada distinto de lo que harían con un objeto *real* como contrario a uno *virtual.*

"Esto significa que el reconocimiento del habla es importante, poder hacer cosas con las manos y pies es importante, poder hacer cosas con el movimiento de la cabeza y el movimiento del ojo es importante. Éstos son los medios con los que nos conectamos con el mundo real y éstos son los medios correctos para conectarnos con el mundo virtual.

Como algunos otros que tuvieron la previsión de abordar la amplificación de la inteligencia antes de que el hardware de las computadoras fuera suficientemente potente, Brooks empezó a trabajar con lo que pudo encontrar, que no fuera demasiado endeble en aquel tiempo. En 1969 recibió de la IBM una máquina especial para gráficas, una versión comercial de los potentes sistemas que IBM construyó para un proyecto de automatización de diseño para General Motors. Era un hardware poco potente comparado con los ordenadores que se ven en los escritorios de los estudiantes hoy día, pero era algo con que empezar. Más aún, Brooks tenía un estudiante que estaba a la altura de la tarea de aceptar el desafío de Sutherland.

—Yo tenía un licenciado muy capaz y con experiencia —recordó Brooks—, de modo que fui a ver al rector de la UNC y le dije: "Estoy dispuesto para hacer un sistema amplificador de la inteligencia y tengo las dos cosas que necesito, el equipo de grafismo y un graduado ingenioso. ¿Quién en esta facultad merece más que se le amplifique la inteligencia?".

Brooks sonrió. Era una gran historia que ya había contado antes, pero no importaba. Continuó. En algunas partes del relato, Brooks subrayó sus palabras con el tono de voz, combinándolo a veces con la forma de sus cejas.

—Expliqué lo que buscaba yo realmente, que era un colaborador que tuviera un problema con un gran contenido geométrico, porque si se va a trabajar en un espacio de tres dimensiones, da lo mismo empezar con problemas fáciles en los que se trabaja directamente en el espacio de tres dimensiones, en lugar de hacerlo en espacios abstractos. Yo necesitaba un problema que fuera demasiado arduo para resolverlo sólo con algoritmos de máquina, y requiriese intuición humana, un problema que fuera demasiado arduo para ser resuelto con la intuición humana sola y requiriese un montón de cálculos. Creo firmemente que la forma de hacer avanzar la ciencia y la tecnología de la computación es usando las computadoras con el objeto de crear herramientas proto-

tipo para aplicaciones *reales* y que resuelvan *todos* los problemas y no sólo aquellos que son fáciles y elegantes. Esto es lo que yo llamo la filosofía del "problema conductor". La tecnología avanza mejor si se elige con *esmero* un buen problema conductor, con buenos colaboradores que le ayuden a uno a ser sincero y a mantener los pies en la tierra. Y entonces, esfuércese al máximo. Nosotros sabíamos que los problemas del mundo virtual requerían grafismo computerizado tridimensional interactivo en tiempo real, cosa que no podíamos conseguir muy bien en 1969, y nos parecía que esos problemas serían tan absorbentes como cualquiera que se pudiera abordar con los sistemas de computadoras de ese tiempo.

"El rector dijo: 'Bueno, nadie me hizo esa petición antes. Déjeme pensarlo'. Así que volvió al día siguiente con una lista sorprendentemente larga de candidatos, que incluía astrónomos que estudiaban la estructura galáctica, geólogos que estudiaban las cavidades petrolíferas bajo el suelo, químicos moleculares, arquitectos que diseñaban viviendas de bajo costo y necesitaban una estimación de costo interactivo en tiempo real, puesto que si movían un ladrillo, éste se multiplicaba por cien, porque hacían cien unidades. Las personas vinculadas con la seguridad de tránsito estaban interesadas en simuladores de conducción. Los geógrafos se preocupaban por los urbanistas, que, a su vez, se preocupaban por lo que ocurría con el agua de lluvia a medida que se pavimentaba progresivamente Greensboro. Era un grupo de personas muy interesante.

Brooks y sus estudiantes conocían bien a uno de los químicos especialistas en proteínas por haber trabajado con él en algún programa científico. Jan Hermans, en el departamento de bioquímica, estaba dispuesto a colaborar, de modo que Brooks y su primer equipo tomó la estructura molecular de las moléculas vivas en ácidos nucleicos como su primer problema conductor. A la simulación háptica total habría que aproximarse en etapas. A finales de los 60, el sistema piloto bidimensional de J. J. Batter, uno de los estudiantes graduados de Brooks, incluía un pequeño botón que podía moverse en un área de diez centímetros cuadrados, y ofrecería resistencia mediante servomotores, para modelar un campo de fuerzas muy sencillo. En 1971, otro de los colaboradores de Brooks, el licenciado W. V. Wright, trabajó con el bioquímico Hermans para diseñar un sistema que representara y estudiara proteínas, el sistema GRIP-71.

—Ahora bien, no estamos interesados en la estructura de la proteína *per se*; estamos interesados en los sistemas de solución de problemas por humanos o máquinas —exclamó Brooks cuando llegó a esta parte del relato—. De modo que cada cinco años más o menos nos preguntamos: "¿Hemos elaborado ese problema conductor al máximo? ¿Deberíamos desplazar nuestra atención a otro, en su lugar?". Y la respuesta siempre es la misma: "Éste es muy rico". De modo que aquí estamos, veinte años más tarde, siempre construyendo herramientas para los bioquímicos, con proteínas y estructuras de ácido nucleico. La construcción de herramientas para los bioquímicos nos condujo a

mucha ciencia computacional nueva. La selección del anclaje molecular como problema conductor convergió con otra tecnología que evolucionaba rápidamente: el uso de la modelación por computadora como herramienta para investigar las estructuras químicas, en particular las estructuras geométricas complejas de las moléculas biológicas claves. La primera herramienta para usar el grafismo computerizado interactivo bidimensional como ayuda de anclaje molecular fue construida y demostrada en 1966 por C. Levinthal, en el MIT. Una docena de equipos en el mundo siguen trabajando con grafismo computerizado interactivo y anclaje molecular. Pero su dedicación a la visión de Sutherland llevó al equipo de la UNC inevitablemente al ARM y a la idea de la visualización háptica.

"Trabajar con un display de fuerzas era una de las ideas que Ivan Sutherland adelantó en su discurso de 1965 y yo siempre pensé que era una idea demasiado buena para dejarla a un lado —concluyó Brooks.

En 1977 Brooks escribió: "Si al observar cómo se mueven y se alteran los objetos imaginarios cuando se los manipula, se los dota de una existencia real, y si ese proceso confiere más poder para comprender y diseñar los objetos imaginarios, ¿podemos construir herramientas aun más poderosas usando más sentidos?".

Brooks y sus estudiantes empezaron a trabajar combinando la realimentación de fuerza reflejada con el grafismo computerizado interactivo en 1972. Habiendo decidido seguir los experimentos de Batter y Wright con el sistema 6D (tres fuerzas/tres torsiones), el equipo de Brooks "encontró providencialmente" a Raymond Goertz, quien había diseñado el brazo manipulador remoto en los laboratorios nacionales de Argonne, un sistema de amo y esclavo que permitía a los humanos manipular, detrás de pantallas de plomo, sustancias radioactivas con máquinas de control remoto que imitaban los movimientos de las manos. Goertz logró obtener para la UNC un par de manipuladores remotos de Argonne abandonados (ARMs). El equipo de la UNC reemplazó la computadora y su modelo del mundo —en este caso las estructuras proteínicas— por el esclavo mecánico del manipulador remoto, y usó el dispositivo de entrada como transductor háptico. El problema estaba en la capacidad de la computación. Habían definido una tarea que sencillamente estaba más allá de la tecnología existente.

El mundo físico que podíamos mantener eran siete cubos sobre una mesa. Era todo lo que podíamos hacer en tiempo real. Otro estudiante, P. J. Kilpatrick, elaboró una tesis al respecto, y mientras tanto nos dimos cuenta que lo que siempre quisimos hacer con eso era anclaje molecular, pero eso requeriría otro factor de 100 en la capacidad de computación, de modo que lo dejamos en reserva. Y luego, en 1986, lo sacamos otra vez y dijimos: "Ya tenemos el factor de 100 en la capacidad de la computadora, de modo que ¡adelante!". Y ahora, Ming trabajó sobre ese proyecto como suyo y eso está funcionando muy bien. Éste es un buen ejemplo de la fuerza que posee un problema conductor.

La investigación de Ming Ouh-Young, tal como la presencié, estaba concentrada en medir la utilidad de las ayudas de anclaje en RV al ejecutar los problemas de anclaje reales. Los resultados, publicados un año después de mi visita, confirmaron lo que los bioquímicos que trabajaban con los equipos de Brooks durante dos décadas habían comunicado con entusiasmo: la RV háptica funcionaba casi dos veces mejor que el método que le seguía, el de medidas objetivas. Aunque Brooks previene que, aun mejorando el estado del sistema, no parece probable que se consiga un aumento décuplo, también recuerda a sus compañeros investigadores que "el propósito de la computación es la comprensión, no los números". Si se puede reducir el tiempo que lleva resolver un problema complicado a la mitad, también se podrán resolver problemas que eran demasiado complejos para ser resueltos antes. El sistema GROPE-III (nombre de la UNC para la última versión de su aparato de anclaje molecular) ha demostrado ser útil para los bioquímicos que lo han usado en un contexto de investigación computacional. La siguiente meta en la UNC es desarrollar el sistema VIEW, un banco de trabajo de visualización tridimensional para bioquímicos y otros científicos, para usar en muchas clases diferentes de visualización.

Con el paso de los años, Brooks y el creciente número de los integrantes de la facultad de ciencias de la computación que se habían unido al programa de investigación centrado en RV de la UNC, agregaron otros problemas conductores. La medicina por imágenes se había vuelto otro campo rico que seguiría conduciendo los sistemas RV en los años por venir. En lo que se refiere a los paseos arquitectónicos, Brooks observó: "Decidimos que es un buen problema conductor si se lo compara tanto con el molecular como con el de las imágenes médicas; tiene la enorme ventaja de que tarde o temprano el edificio será construido y se podrán comparar los mundos reales y virtuales y apreciar cuán lejos está del realismo, mientras que las moléculas son demasiado pequeñas para que se las vea. En el trabajo molecular, el objetivo consiste en ayudar a la gente a descubrir lo desconocido. Comprender la estructura. En el trabajo de la construcción, el objetivo es ayudar al arquitecto y al cliente a ver cuáles son las consecuencias de una especificación mientras es todavía una especificación".

Pregunté a Brooks cómo elaboró su punto de vista basándose en su experiencia como director de un gran equipo de diseño de software, para conducir la investigación en RV, y él se refirió al paseo arquitectónico como ejemplo de la clase de herramientas que deseaba construir:

"Mi experiencia en el diseño de computadoras y software me dice que la parte más difícil de todo proyecto es concebir qué es lo que se desea proyectar, fijar metas y determinar especificaciones de forma exacta. Estoy firmemente convencido de que esto *no puede* hacerse de un plumazo de antemano. Hay que efectuar iteraciones. Lo que hacen las personas con los edificios virtuales, si están dispuestos a tomarse tiempo, es tomar los planos en planta, pasar allí el día, trazar todos los modelos, ver dónde se crean molestias, dónde guardar

las cosas, dónde se producen problemas de tránsito y así sucesivamente. Luego repasan los principales acontecimientos del año y otras circunstancias. Los arquitectos dicen que no tienen dificultad en visualizar edificios tridimensionales a partir de plantas y vistas en elevación, pero los *clientes* con seguridad las tienen. De modo que si el cliente y el arquitecto, trabajando juntos, logran ajustar el edificio en lo que se denomina la etapa de elaboración del proyecto, cuando todo está aún en el papel y los planos de trabajo todavía no han sido hechos, se pueden salvar muchos problemas más adelante. No creo que esto tenga importancia para la sociedad como la tiene el trabajo de bioquímica, pero es un problema conductor para nosotros por su aspecto verificable."

Pasando por el anclaje molecular, los paseos arquitectónicos y las imágenes médicas, el cuarto y novísimo problema conductor está relacionado con el deseo que oí expresar a Michael McGreevy en la NASA, quien quería usar la RV para volar a través de los datos planetarios en imágenes. En el trabajo de James Coggin en la UNC, el planeta es el que habitamos. El Landsat y otros satélites suministran una rica corriente de datos, las veinticuatro horas del día, alrededor del mundo. La disciplina de "detección remota" está dedicada a la extracción de información meteorológica, geológica, ecológica, energética, del flujo de imágenes. Otra vez la idea de hacer volar literalmente el punto de vista a través de una imagen tridimensional de la Tierra, como se la ve desde un satélite, es para estimular la *introvisión* o intuición. La intuición de dónde se desencadenará el huracán o dónde puede encontrarse un depósito de petróleo puede medirse tanto en vidas como en dólares. Y los modelos en macroescala de los procesos relacionados con la vida en el planeta Tierra se verán obligados a ocupar el centro del interés para las civilizaciones industriales durante las décadas por venir. Cualquier intuición clave en el nivel de problemas tan grandes y complejos, podría valer mucho más que el equipo requerido para estimular las ideas brillantes.

La visualización científica es otro de los caballos de batalla favoritos de Frederick Brooks. Si la amplificación intelectual es la meta, la visión que persigue el laboratorio de la UNC, la visualización científica es la caja de herramientas que Brooks y sus colegas brindan a aquellos científicos que buscan extender su poder. Después de haber esperado décadas para lograr un poder de computación suficiente, Brooks está ahora convencido de que las computadoras de hoy "nos capacitan para construir modelos refinados de fenómenos naturales complejos y estudiarlos para tener una nueva comprensión de modelos y fenómenos".

Observando que las grandes revoluciones científicas de los tiempos de Newton fueron habilitadas por las nuevas herramientas matemáticas de cálculo y de ecuaciones analíticas, Brooks cree que el poder de las modernas computadoras para representar modelos matemáticos complejos en tiempo real, en una forma humana sensible, puede promover el progreso de la introvisión científica. Basta con ver las clases de modelos que las computadoras pueden sostener, y las clases de fenómenos naturales complejos que los científicos es-

tán interesados en comprender, para ver la gran utilidad de la háptica interactiva. Un ejemplo de un modelo matemático masivo es la dinámica de la población de una especie. Un modelo matemático detallado es la estructura de una proteína. Un modelo tridimensional es una simulación magnetohidrodinámica. La tectónica de placas es un ejemplo geográfico de un modelo no lineal; la propagación de ondas de choque es un modelo discontinuo; los cuásares, púlsares y agujeros negros son modelos discretos; las partículas y los quarks son indeterminados. Otros fenómenos naturales citados por Brooks como apropiados para una modelación matemática refinada abarcan la geología de los campos petrolíferos y la corriente sanguínea en el cuerpo. La llave para conectar la fuerza de la computadora con la capacidad especial del ser humano es el grafismo computerizado interactivo, o como dice Brooks: "Si la matemática es la reina de las ciencias, el grafismo computerizado es el real intérprete".

Ciertamente, para los no científicos la utilidad del grafismo de computadoras para comunicar información compleja ha demostrado ser un verdadero amplificador intelectual, comparado con los días de la máquina de escribir. Brooks considera la aparición de los ordenadores personales como herramientas intelectuales, como parte de la infraestructura para la especie de visualización científica que empieza a emerger. "Todo lo que atañe a la visualización científica ha sido habilitado tecnológicamente por la base comercial del grafismo interactivo asistido por el procesamiento de palabras, planillas impresas, preparación de datos, simuladores de vuelo y entretenimientos. En efecto, casi todo el grafismo de computadoras fue tecnológicamente habilitado por la base comercial de la televisión", declaró Brooks en una presentación de SIGGRAPH 1990, agregando: "Creemos que por el mismo proceso pase el desarrollo y costo del hardware del display háptico. La industria robótica, la industria de los videojuegos y la de los simuladores de vehículos desarrollarán tecnologías que serán adaptadas para la teleoperación y la visualización científica". En otras palabras, el progreso en proyectos farmacéuticos y en las imágenes médicas se beneficiará indirectamente con el éxito de los verdaderos gigantes de la futura industria de RV, que tendrán más probabilidad de ser empresas de videojuegos que forjadores de herramientas científicas.

Brooks cita varios campos como lugares probables para el desarrollo de displays hápticos con fines de visualización científica. El diseño molecular es prioritario entre ellos: "Creemos que la industria farmacéutica tiene motivos sustanciales para usar displays hápticos, pero esas aplicaciones se van a ir desarrollando muy lentamente durante la década. Además del anclaje de las enzimas de los fármacos, podemos imaginarnos su uso en intercaladores de ADN (ensayos con computadora para dibujar el código genético humano), en el diseño de proteínas y en los estudios de manipulación de las proteínas. Sentir estos campos de fuerza sutiles podría significar mucho para un investigador que busca comprender y formular nuevas hipótesis", fue lo que predijo en Dallas en agosto de 1990. Citó la experiencia de inmersión con la plataforma

móvil en Star Tours, una película de Lucasfilm de Disney y el videojuego de Atari con su retroalimentación de reacción de fuerzas, que fue un éxito de los primeros displays hápticos en entretenimiento y que será, según él cree, la aplicación de mayor expansión en los años 90.

Con todo su fervor por el futuro de los displays hápticos como herramienta para la exploración científica, Brooks expresa dos profundas preocupaciones: primero, aunque el valor educativo de la simulación es muy grande, porque es "aprender haciendo", muchos fenómenos requieren una experiencia de primera mano a fin de conocer la diferencia entre la teoría y la práctica. También le preocupa el hecho de que, siendo las simulaciones RV más realistas, su potencial de ser peligrosamente engañosas también aumenta. No hay modelo que pueda ser tan complejo como el fenómeno que modela, no hay mapa que pueda ser tan detallado como el territorio que describe, y lo que es más importante, como observó el semántico Korzybski, "el mapa no es el territorio".

En cuanto a las limitaciones de la RV como herramienta educativa, Brooks me dijo: "No tengo ningún problema en imaginarme a un mecánico provisto de algo similar a unas gafas bifocales, cuya mitad superior le muestra un 'manual' de cuadros tridimensionales en movimiento explicando cómo se prueba algo o cómo se desarma algo o cómo se diagnostica algo, mientras que él mira ese algo por la mitad de abajo y lo maneja con sus propias manos. El manual está probablemente formado por cuadros y voces, se presenta a una voz de orden cuando él trabaja, y de esa manera cualquiera podría trabajar a plena conciencia con un coche que no hubiera visto antes. Pero esto nunca sustituirá con eficacia el haber trabajado mucho con coches para conocer la diferencia entre teoría y práctica tan a fondo que deje de ser consciente".

Algunas simulaciones hiperrealistas podrían ser peligrosamente engañosas. Un ejemplo que citó Brooks era la moda de usar modelos matemáticos generados por fractales para simular las irregularidades naturales en las montañas. Las montañas que antes generaban las computadoras parecían demasiado regulares para ser naturales. Pero se sabe que las montañas, como las cosas y los copos de nieve, adoptan las formas que pueden ser descritas por modelos matemáticos denominados fractales. Usted puede tomar un modelo de las montañas Rocosas, por ejemplo, y hacerlo parecer más realista agregándole un elemento fractal. El fractal no sería una medida directa de las irregularidades de las Rocosas reales, pero caracterizaría matemáticamente la irregularidad de las Rocosas, en la medida en que lo percibe el ojo humano. Pero, como señala Brooks, usted no querría cruzar un paisaje con un ejército, basándose solamente en su práctica con el modelo fractal.

"Las posibilidades de error son muy grandes en esa clase de situaciones —destacó Brooks al final de nuestra entrevista—, y las montañas del fractal son una buena imagen visual de la importante distinción entre *realismo* y *veracidad*. El peligro de un realismo cada vez mayor reside en que, si no se tiene la correspondiente veracidad, se enseña a la gente cosas que no son ciertas.

En guiones de negocios o juegos de guerra, en la medida en que el modelo del mundo de negocios o de guerra no es real, se puede cometer el error de enseñar a las personas, con mucha eficacia, tácticas y estrategias que no funcionarían en el mundo real."

Las esperanzas de Brooks de tener una nueva palanca científica para abordar problemas arduos y útiles y sus advertencias sobre restricciones a la simulación, por más natural que pudiera ser, reflejan la múltiple naturaleza de la RV. Al ciudadano del siglo XXII tal vez le resulte difícil comprender cómo se podía manejar la raza humana sin la ayuda de los sistemas de RV, así como nosotros damos por sentado la utilidad de los antibióticos, artefactos sanitarios, refrigeradores eléctricos y la lectura y escritura. Una inteligente aplicación de la RV podría dar mejores medicinas, nuevas herramientas para pensar, robots más inteligentes, edificios más seguros, mejores sistemas de comunicación, medios educacionales maravillosamente efectivos y una riqueza sin precedentes. Y algunos efectos sociales, menos gratos para las sensibilidades de fines del siglo XX, podrían resultar también de las mismas tecnologías.

Nuestras características personales más íntimas y hasta ahora más estables —nuestro sentido de dónde estamos en el espacio, quiénes somos personalmente y cómo definimos los atributos "humanos"— están abiertas ahora para ser redefinidas. La tecnología que puede duplicar los ardides más caprichosos de la mente humana —tejiendo con la mediación de los sentidos flujos de señales que forman un modelo de grano fino, tridimensional, a todo color, más o menos consistente que llamamos "realidad"— está hoy en su infancia. Pero las tecnologías evolucionan más rápidamente hoy en día que en épocas anteriores. ¿Qué pensaremos uno del otro y de nosotros mismos cuando empecemos a vivir en mundos creados por computadoras, durante grandes porciones de nuestras horas de vigilia?

Los primeros días de cualquier revolución tecnológica están llenos de incertidumbre. Durante un breve período, antes de que las industrias, las infraestructuras y los sistemas de creencia nazcan de la tecnología de comunicación y crezcan alrededor de ella, su trayectoria es desconocida. La RV representa una oportunidad única en la historia. Mirando en retrospectiva, comprendemos ahora algo sobre el modo en que los teléfonos, la televisión y las computadoras se expandieron más allá de las expectativas de sus inventores y cambiaron el estilo de vida de los humanos. Podemos empezar a ver cómo podían haberse tomado mejores decisiones veinte y cincuenta años atrás, si supiéramos lo que sabemos ahora sobre el impacto que producen en la sociedad las nuevas tecnologías. Los diez o veinte años que aún debemos esperar antes de que la tecnología de la realidad virtual empiece a producir su pleno efecto nos proporcionan la ocasión de emplear la previsión, nuestra única herramienta para sujetar las desbocadas tecnologías.

En el seno de la RV está la *experiencia* —la experiencia de estar en un mundo virtual o una localidad remota— y los problemas inherentes a la creación de experiencias artificiales son más viejos que las computadoras. Si bien

el MIT y el Departamento de Defensa pudieran saber una o dos cosas sobre la forma de estimular nuevas tecnologías de computadoras, el centro de la industria de la ilusión está más cerca de Hollywood, California. Si no fuera por las vicisitudes de los fondos para la investigación, podría considerarse a Morton Heilig y no a Ivan Sutherland, el fundador de la RV. Aunque él soñaba con "teatros de experiencia" y simuladores de videojuegos treinta años atrás, Heilig procuraba impulsar a Hollywood hacia el mismo mundo de las ilusiones tridimensionales que los científicos informáticos exploran hoy. Aunque parezca irónico, la industria del entretenimiento puede llegar a ser la mayor fuerza motriz en el desarrollo futuro de la RV, una generación después de que Heilig intentara señalar el camino.

Parte II

ROMPER LA BARRERA DE LA REALIDAD

2

El teatro de la experiencia y el arte de la ilusión binocular

"La presente invención se relaciona en general con un aparato simulador y, más en particular, con un aparato que estimule los sentidos de un individuo para que simule una auténtica experiencia de un modo realista.

"Hoy en día hay una creciente demanda de medios y métodos para enseñar y entrenar a las personas sin someterlas realmente a los riesgos de simulaciones especiales.

"La industria, por otro lado, se enfrenta con un problema similar debido al ritmo que adopta hoy el desarrollo de las máquinas automáticas.

"Los problemas que acabamos de bosquejar han surgido también en las instituciones educacionales debido a factores tales como las materias de enseñanza cada vez más complejas, mayores grupos de estudiantes y una cantidad inadecuada de maestros. Como consecuencia de esta situación, se ha desarrollado una demanda creciente de instrumentos de enseñanza, que, si no llegan a suplantarlo, aliviarán la carga del maestro.

"Por consiguiente, es objeto de la presente invención proveer un aparato para simular una experiencia deseada, desarrollando sensaciones en varios de los sentidos.

"Es asimismo objeto de la invención proporcionar un aparato para simular una experiencia real, predeterminada, en los sentidos de un individuo.

"Otro objeto de la invención es proveer un aparato a fin de que lo usen una o más personas para experimentar una situación simulada."

MORTON HEILIG
"Sensorama Simulator"
US Patent 3.050.870, 1962

Parecía más bien un billar romano mecánico antiguo que un prototipo prehistórico de RV, pero seguía funcionando, después de todos estos años. Uno de los juegos originales de Sensorama estaba todavía en excelentes condicio-

nes, deteriorándose algo en la cabaña cerca de la piscina de Morton Heilig en Los Ángeles Oeste. En virtud de su longevidad, era una especie de máquina del tiempo.

Me senté, puse las manos, los ojos y oídos donde correspondía y miré a través de los ojos de un pasajero de motocicleta las calles de una ciudad con el aspecto que tenían décadas atrás. Durante treinta segundos, en California del Sur, en la primera semana de marzo de 1990, fui transportado al asiento del conductor de una motocicleta en Brooklyn en los años 50. Oí arrancar el motor. Sentí una vibración creciente a través del manillar, y la foto tridimensional que llenó gran parte de mi campo visual se llenó de vida, animando una película tridimensional, amarillenta, rayada, pero aún eficaz. Iba viajando por las calles de una ciudad que no ha tenido ese aspecto durante una generación.

No me hizo morder la lengua ni chillar, pero no era ésa la cuestión con Sensorama. Estaba destinado a ser la prueba de un concepto, un lugar para comenzar, una demostración. Hablando en términos de historia de la RV, colocar mis manos y cabeza en Sensorama era algo así como buscar a los hermanos Wright y tomar su prototipo original para dar una vuelta.

El Sensorama es aquello de donde podía haber salido otro mundo de probabilidad posible, un guión en el cual la industria del entretenimiento, no la industria de las computadoras, tuvo éxito al quebrar la barrera de la realidad con tecnología predigital. A principios de los años 60, cuando el resto de Norteamérica se acomodaba en el resplandor catódico de la red televisiva, Heilig en realidad desarrolló, patentó e intentó comercializar una versión de realidad virtual. Publicó además planos detallados para un "Teatro de experiencia" en 1955 y patentó un display de televisión estereofónico calzado en la cabeza en 1960. Si no fuera por el requerimiento de que su maquinaria tuviera que resistir el embate de la prensa en Times Square, las reiteradas fallas de visión de los que financiaban la industria experimental, sus propias irrefrenables tendencias, y una serie de fracasos en los negocios, Heilig podía haber introducido la edad del ciberespacio treinta años atrás.

Heilig inventó "la realidad por una moneda" hace tanto tiempo que sus patentes expiraron en los años 70, pero siempre está dispuesto para diseñar una nueva versión electrónica digital de lo que él había vislumbrado en su juventud. Su hijo, un estudiante de ciencias de la computación, le estuvo ayudando a retomar el ritmo. En los años 50, cuando empezó a dibujar sus planos, apareció un cine multisensorial tridimensional envasado en una máquina de juego, producto de otra idea loca de otro inventor aficionado.

El Sensorama me llamó por primera vez la atención en 1988, la misma tarde en que hice mi primer vuelo de prueba en el ciberespacio.

En la oficina de Scott Fisher, en la NASA/Ames en el extremo opuesto del corredor que iba desde el laboratorio de la RV, donde me había aventurado en el mundo virtual aquella mañana más temprano, observé la reproducción de un viejo anuncio de Sensorama, colocado bien a la vista en su cartelera. Se-

mejaba algo de ciencia ficción sobre viajes en el tiempo: un hombre estaba sentado en una gran cabina de madera que lo rodeaba en semicírculo. Estaba inclinado hacia adelante en un ángulo de 45°, con el rostro metido en el visor de un tocadiscos público. Con las manos sujetaba un par de manillares. El hombre del cartel estaba vestido a la moda de los años 60, pero la imagen representaba una especie de realidad virtual anterior a la existencia de las computadoras. Pasado algo más de un año, yo me senté en la misma cabina representada en ese antiguo cartel y conduje yo mismo un Sensorama ya bastante envejecido pero en funcionamiento.

Conocí a Morton Heilig gracias a mi buena suerte ciberespacial. A principios del año 1990, tuve que asistir a una conferencia sobre realidad virtual en Santa Bárbara, y mi agente de viajes me dijo que sería más económico volar a Los Ángeles y pasar allí la noche. Una semana antes de partir, Eric Gullichsen, un programador de RV y contratista que yo había conocido en Autodesk, una empresa de software de RV, me trajo copias de dos patentes de Morton Heilig. Una mirada a las descripciones de sus inventos, los planos detallados y la fecha me convencieron de que Heilig era el verdadero pionero que Scott Fisher creía que era. Aunque la patente más reciente (donde figuraba su dirección) tenía cerca de treinta años, procuré pedir ayuda a la guía telefónica de la ciudad donde había vivido Heilig. Resultó que seguía allí. Su casa estaba bien ubicada entre LAX y Beverly Hills, y él seguía interesado en hablar del Sensorama. Hasta que prometió hacerlo arrancar para mí.

Al parar junto a la casa de Heilig, cómoda pero no lujosa, recordé el suburbio de clase media de Phoenix donde crecí: dos o tres dormitorios, estilo "rancho", con césped al frente, con calzada y cobertizo para coches. La piscina y la cabaña al fondo, donde reside el prototipo del Sensorama, son más modestos de lo que uno pudiera imaginarse "fuera junto a la piscina". Heilig, un tipo delgado, mordaz, con una barbita gris, que parecía andar en los sesenta, me recibió en la puerta. Es un hombre que disfruta de la conversación. Estuvimos sentados charlando en su sala de estar casi toda la tarde. Quería saber todo lo que yo podía decirle y hacerle recuperar el ritmo en el "nuevo" mundo de la RV que parecía aflorar. Sobre todo, la palabra que yo tendría que usar para describir a Morton Heilig es "entusiasta": es entusiasta cuando recuerda los sueños que ha tenido, acerbo cuando recuerda las razones por las que no se han materializado del modo que lo había planeado, luego otra vez entusiasta cuando habla acerca de los motivos por los que el "teatro de la experiencia" que él empezó a imaginar el día en que vio una proyección en Cinerama podría aún ocurrir con la tecnología de hoy.

Heilig no era un programador de computadoras, ni un ingeniero eléctrico. Había sido operador de cine, fotógrafo, inventor de aparatos de proyección y de cámaras: un visionario de Hollywood, California, más que un informático de Cambridge, Massachussetts, o un artista-tecnólogo salido de la universidad. Cuanto más lo escuchaba, hojeaba las publicaciones que había acumulado hasta retroceder a 1955, y probaba sus prototipos hechos a mano, tanto más claro

me resultaba que Hollywood podría haber sido la fuerza motriz original que respaldara el desarrollo de la RV, en lugar de serlo el Departamento de Defensa y la NASA. Hasta ahora he hablado con otros cuyas ideas podían haber conducido al ciberespacio. Algunos lograron realizar sus sueños, otros, no. Parece que las revoluciones tecnológicas no ocurren simplemente porque el progreso es inevitable; los verdaderos cambios tecnológicos de paradigmas requieren uno o dos visionarios del calibre de Heilig, acceso a una o más tecnologías habilitantes que harían posibles los artilugios de los visionarios y, lo que es más importante, una persona con bastante poder como para defender la nueva idea entre los tomadores de decisiones conservadores que pueden financiar su desarrollo. La persona indicada debe perseguir la visión correcta en el momento oportuno, y las personas apropiadas tienen que ser convencidas para brindar el apoyo financiero.

Las patentes de Heilig y sus escasos artículos publicados no alcanzan a contar toda la historia. ¿Dónde y por qué empezó Heilig con las ideas que lo llevaron a Sensorama? ¿Qué había intentado hacer con ellas? ¿Por qué no tuvieron éxito para revolucionar el entretenimiento y la educación? ¿Qué haría él hoy, si tuviera su propio respaldo financiero? Sí, hay respuestas a esas preguntas, que entrañan peculiares vueltas del destino. Antes de sentarnos para conversar sobre su historia y satisfacer mi curiosidad, pregunté si podía echar una mirada al Sensorama. Salimos por la puerta de la cocina al patio del fondo inundado por el sol. La vieja máquina, que parecía bastante bien conservada considerando su edad y ubicación, estaba bajo una lona en un rincón protegido de una pequeña estructura cubierta por una parra, abierta por los tres costados, cerca de una piscina. Heilig corrió un panel al costado de la máquina, miró en su interior, me mostró el mecanismo de proyección del filme y me dijo, disculpándose, que el sistema para transportar los olores a mi nariz y alejarlos otra vez necesitaba pequeñas reparaciones.

Yo tendría que conformarme con la versión audiovisual táctil y estereofónica y prescindir de la dimensión olfatoria.

Puse las manos en el volante y apoyé la cara contra un visor que semejaba un par de binoculares con una placa almohadillada. Justo debajo del ocular había una rejilla cerca de mi nariz, por donde los olores deberían bombearse y extraerse. Otras rejillas a cada lado de mi cara emitían brisas inodoras en los momentos adecuados. Pequeños altavoces estaban ubicados junto a mis oídos. La máquina arrancó. Oí un motor de automóvil, aparentemente sin silenciador. Vi una extensión de dunas de arena, sentí que mi asiento se movía y me di cuenta que desde el asiento del conductor contemplaba una visión estereoscópica de un paseo en coche por las dunas.

La película se iba tornando de un marrón amarillento. Parecía como si yo estuviera sentado en el asiento delantero sosteniéndome del volante, pero no había modo de que guiara ninguno de los vehículos en los que yo mismo viajaba; yo era estrictamente un pasajero. Durante unos sonoros minutos vagué sobre dunas de arena del tamaño de una casa, luego aparecí viajando sobre

una motocicleta por las calles de Brooklyn, un Brooklyn que no había visto en treinta años.

Después de Brooklyn y un vuelo en helicóptero sobre California, me vi en un convertible con una mujer rubia que me sonreía con el acompañamiento de una canción popular sobre "riding with Sabina" que no podría jurar no haber oído nunca antes. Hice un paseo en bicicleta con Sabina, seguido de un juego de playa. Luego fue la hora del gran final, una danza del vientre con una mirada provocativa. Heilig me dijo que había programado que se expandiera una oleada de perfume barato cuando se aproximara la bailarina. "A los comerciantes que venían a las demostraciones como potenciales promotores siempre les gustaba la bailarina de la danza del vientre", dijo, hablando por encima del estrépito de un disco muy viejo de una orquesta del Centro Este que bombardeaba estereofónicamente, mientras que la bailarina hacía restallar los crótalos de los dedos primero junto a un oído y luego junto al otro. El efecto estereoscópico no era como los displays multimillonarios que yo había visto en la exhibición de Lucasfilm en Disneylandia, unos meses antes, desde luego, pero había un sentido perceptible de profundidad, el cochecito de la duna daba tumbos, el manillar de la motocicleta vibraba y la brisa soplaba contra mis sienes. El conductor de la motocicleta era imprudente, lo que me hizo sentir suavemente incómodo, para mi gran deleite.

Comparado con la imaginería farsesca que era el estado común de los juegos de salón en los años 60, el Sensorama era todo lo que pretendía mostrar su cartel. No era el mundo extremadamente realista de "Todo super cantado", "Conversación sintética", "En colores", "De sensación estereoscópica" que había predicho Aldous Huxley en *Un mundo feliz*, pero no pude evitar preguntarme en qué hubiera evolucionado si la investigación y el desarrollo no se hubieran detenido hace tres décadas. Algo ha ocurrido, o más probablemente ha dejado de ocurrir, desde el día en que Heilig llevó su cámara estereoscópica hecha a mano en un paseo en motocicleta por Brooklyn. Después de la breve demostración, apagó el Sensorama, lo desenchufó y lo tapó. Volvimos a la fresca oscuridad de su sala de estar para hablar de lo que podría haber ocurrido, y cómo él espera materializar todavía su viejo sueño por medio de esta nueva y brillante tecnología del ciberespacio de la que ha oído hablar.

—Quedé prendado del quehacer cinematográfico siendo joven, y pronto empecé a soñar con las posibilidades de las experiencias multisensoriales —recordaba Heilig. Llamado a servicio la víspera de Hiroshima, quedó estacionado en la Europa de posguerra. Después que el enganche hubo terminado, reunió su dinero, remuneración del ejército, con un par de becas de Fullbright y estudió cinematografía en Roma, y luego se embarcó en una carrera de productor de documentales por cuenta propia.

A principios de los años 50, empezó a enterarse por la prensa norteamericana sobre un nuevo sistema de cinematografía conocido bajo el nombre de Cinerama, una idea que le atrajo enseguida, no tanto por lo que hacía, sino por lo que anunciaba.

—El cinerama fue inventado por Fred Waller —explicó Heilig—. Waller quería ensanchar el campo visual del rectángulo más bien pequeño que presentaban las pantallas de aquel entonces. Un ser humano abarca 155° verticalmente y 185° horizontalmente. Una pantalla de cine llena sólo una parte del campo de visión humano normal. A fines de los años 30, Waller empezó a experimentar con múltiples proyectores y múltiples pantallas como un modo de presentar un campo visual más ancho para las películas."

"Finalmente firmó un contrato con la Fuerza Aérea —continuó Heilig—. Waller construyó un display para proyectar los primeros simuladores de vuelo, que tenían cinco cámaras y cinco proyectores, tres abajo y dos arriba. Su intención era llenar las áreas periféricas del campo visual humano con tanta cantidad de imágenes como fuera posible. No pudo conseguir cámaras de formato grandes, ni lentes de ángulo superancho, de modo que lo hizo con cámaras multiples. Después de la guerra, descartó las dos cámaras superiores y procuró interesar a Hollywood en un sistema de tres cámaras y tres proyectores. Cada escena en una película de Cinerama se fotografió con tres cámaras sincronizadas, desde ángulos levemente diferentes, luego se proyectaron de forma sincrónica sobre tres pantallas que se curvaban hacia adentro para envolver el campo visual periférico de los espectadores. Waller logró llevar al productor Mike Todd a una vieja cancha de tenis en Long Island para hacer una demostración. Todd reunió 10 millones de dólares, Waller creó una empresa de Cinerama con Todd, y su primera película, *This is Cinerama*, fue un estruendoso éxito en la primera sala de Cinerama en Broadway. La pantalla envolvente decididamente mejoró la percepción de la presencia. Ejerció, por cierto, un notable efecto en Heilig, quien experimentó una especie de conversión cuando se sentó en esa sala de Broadway a principios de los años 50.

"El Cinerama fue la revolución porque fue una verdadera expansión de la experiencia cinematográfica, algo que era muy necesario cuando empezó a avanzar la televisión —continuó Heilig—. Leí sobre el asunto en Italia y eso me conmovió tanto que volví a Nueva York y fui a Broadway para verlo. Me di cuenta de que veía algo de tremenda importancia. Me puse a leer todo lo que podía encontrar al respecto. Había una gran agitación en Hollywood a principios de los años 50 porque la industria cinematográfica estaba amenazada por la televisión, y Hollywood empezó finalmente a buscar qué podría hacer que no hiciera la gente de televisión. La moda del cine tridimensional, el sonido estereofónico, las pantallas anchas y otras innovaciones técnicas, que fueron desestimadas durante años, se volvieron atractivas para aquellos que controlaban sus bolsillos a fin de no gastar en investigación y desarrollo. La distribución, no la investigación y el desarrollo, había impulsado a Hollywood, pero el propio medio fílmico era una innovación tecnológica, y la industria fílmica se había salvado una vez antes, durante la desastrosa crisis producida por el advenimiento de una nueva tecnología, el cine sonoro.

"Reconocí enseguida por qué el Cinerama y las tres dimensiones eran importantes —recordó Heilig.

"Cuando uno ve la televisión o una película en un cine, está sentado en una realidad y al mismo tiempo mira otra realidad a través de una pared imaginaria transparente. Sin embargo, si se ensancha lo suficiente esa ventana, llega a sentir en sus vísceras un compromiso personal. Usted *siente* esa experiencia, no sólo la *ve*. Sentí como si hubiera cruzado la ventana y viajara yo mismo en lugar de observar cómo lo hace otro. Sentí vértigo. Eso era significativo para mí. Me pregunté adónde podría llegar la tecnología en el futuro y me convencí al instante, sentado en esa sala de Cinerama en Broadway, que el futuro del cine significaría la producción de películas que crean una total ilusión de realidad, como estamos sentados nosotros ahora uno frente al otro, sin un marco que nos separe.

Heilig se puso a reflexionar sobre cómo habría que proceder para crear una experiencia artificial que indujera a las personas a creer que en verdad ocupan y experimentan una situación de película. "¿Cómo puedo saber que estoy en un determinado ambiente?", se preguntó Heilig en 1954. Esbozó un esquema del cerebro, de los canales sensoriales, la red motriz, los bosquejos aproximados de las principales entradas perceptivas que contribuyen a la sensación de la realidad. Creyó que bastaba contratar ingenieros que duplicaran mecánica o eléctricamente u ópticamente la información sensorial que contribuye a crear la sensación de la realidad, encontrar una forma de registrarla y volver a reproducirla en salas equipadas al efecto. Heilig me contó que consideraba ese primer esbozo como una "tabla periódica de elementos" de lo que llegó a denominar "teatro de la experiencia". Era una curiosa metáfora: la tabla periódica original de los elementos era un cuadro de los elementos químicos conocidos, creado en el siglo XIX, que agrupaba las formas básicas de la materia de una manera acorde con sus propiedades. La tabla periódica puso en evidencia los huecos que había en el conocimiento de los elementos, y predijo que se encontrarían otros elementos con ciertas propiedades para llenar esos huecos; el cuadro periódico sirvió no sólo como un recurso para organizar lo que se sabía sobre la materia, sino también como un programa de investigación para descubrir nuevos elementos.

Heilig comparó el estado de la RV en 1955 —y en la actualidad, en ese sentido— con el estado de la química en el siglo XIX: "Hasta ahora, hemos duplicado una pequeña fracción de los elementos perceptivos que nos convencen que experimentamos la realidad. Hay elementos conocidos por la entrada del sonido estereofónico y la visión estereoscópica, pero hay grandes blancos cuando se trata de nuestros sentidos del olfato y el tacto. ¿Por qué dar vueltas?, pensé yo. Pongamos manos a la obra y hagámoslo". De modo que escribió un manifiesto, invitando a los estudios de Hollywood o al gobierno a emprender un proyecto de investigación y desarrollo relacionado con el sonido, la visión periférica, la vibración y elementos de viento. Era un desconocido. Naturalmente, nadie lo escuchó. Eso no le impidió ver lo que vio, ni poner las cosas por escrito.

Al no encontrar un editor para su manifiesto, Heilig, a la edad de veintiséis años, fue a México y empezó a filmar películas documentales. Entretan-

to, se encontró con el gran muralista mexicano Siqueiros, quien lo presentó a un grupo de intelectuales, ingenieros, pintores y arquitectos. El joven Heilig empezó a dar charlas sobre sus ideas en las reuniones que se hacían en casa de Siqueiros. Después de terminadas sus conferencias, el grupo le pidió que escribiera su visión del asunto y la publicó en enero de 1955, en una revista mexicana bilingüe, *Espacios*. En ese artículo, describió en detalle, con bocetos y esquemas, su visión de "un cine del futuro" que sería reconocido en esencia, aunque no fuera en términos de tecnología existentes, por cualquiera de los cibernautas de hoy:

> *"La película de celuloide es un medio grosero y primitivo de registrar la luz y ya está siendo reemplazada por una combinación de una cámara de televisión y un grabador de cinta magnética. De forma similar, el registro del sonido en películas o discos se va reemplazando por el registro en cinta..., un carrete de cine del futuro puede ser un rollo de cinta magnética con una pista separada para cada sentido. Una vez resueltos estos problemas, es fácil imaginar el cine del futuro. ¡Abra los ojos, escuche, huela y toque —sienta el mundo en sus magníficos colores, profundidad, sonidos, olores y texturas—; ése es el cine del futuro!*
>
> *"La pantalla no llenará solamente el 5 % de su campo visual, como la pantalla de cine local, o el 7,5 % de la pantalla de Cinemascope, o el 25 % de Cinerama, sino el 100 %. La pantalla se curvará pasando detrás de las orejas del espectador, y más allá de su esfera de visión, hacia arriba y hacia abajo. En todos los elogios sobre las maravillas de la 'visión periférica', ninguno se ha detenido para comprobar que el ojo humano tiene un ángulo vertical de 150°, así como uno horizontal de 180°. Es difícil, aunque no imposible, proporcionar el campo vertical... Ese óvalo de 180 por 150° se llenará de una profundidad verdadera y no ilusoria. ¿Por qué? Porque como se demostró anteriormente, éste es otro elemento esencial de la conciencia humana. Las gafas no serán necesarias. Se inventarán medios electrónicos y ópticos para crear sin ellos la profundidad ilusoria."*

Heilig observó además, en el mismo artículo, que la visión humana tiende a ser más aguda en el centro y menos nítida en la periferia. Recordé esa aseveración de una revista mexicana de 1955, varias semanas después de mi viaje para ver a Heilig, cuando me encontré en un instituto de investigación fuera de Kyoto, Japón, observando un nuevo sistema de proyección de un millón de dólares que sigue la pista de la mirada de un espectador humano y proyecta una imagen nítida en el centro del campo visual con una imagen menos enfocada en la periferia.

Harían falta años de investigación y desarrollo de las tecnologías componentes antes de que se pudiera construir una versión de gran alcance, pero el artículo de Heilig promovió tal agitación en México que el ministro de Educación decidió apoyar la investigación y el desarrollo de presupuestos.

—Construimos una enorme pantalla semiesférica y yo aprendí por mi cuenta óptica, diseñé y construí una de las primeras lentes protuberantes, hice algunas tomas de prueba y las proyecté sobre la pantalla —contaba Heilig, y su macabra risita preanunciaba el resto de la historia—. Y luego ocurrió algo que parece haber ocurrido muchas veces —dijo de una manera en que un hombre dice algo que ya ha dicho antes, y sigue esforzándose por comprenderlo cada vez que lo repite—. El ministro de Educación que me apoyaba a mí y a mi proyecto, un hombre que parecía destinado a ser presidente de México, se mató en un accidente de aviación. Parece extraño, pero años más tarde, cuando yo intentaba sacar adelante el proyecto del teatro de la experiencia en Estados Unidos, un ejecutivo importante de una gran empresa de proyectores se mató en un accidente aéreo poco después de haber decidido respaldarme. Luego Mike Todd, el hombre que hizo posible el Cinerama, se mató en otro accidente de avión.

Después de desaparecer su apoyo mexicano, fijó rumbo a Nueva York, alquiló un cuarto de hotel e invitó a los inversores a ver películas de lo que él había elaborado hasta ese momento, con su gran pantalla y sus proyectores.

—La gente de Cinerama me vino a ver —va recordando algo tristemente—. Enviaron a algunos ingenieros y luego volvieron con la organización entera. Les expuse todas mis ideas. No saqué nada en claro. Nunca quise apoderarme de la gloria. Eso me importa un comino. Yo sólo quería *hacerlo*. Pero todo lo que me quedó fueron fotos y materiales publicitarios. Y cada vez que las mostraba a una institución, solía ir a parar a las manos de un tipo que tenía el poder de decisión; si él no tenía imaginación para ver de qué le hablaba, tomando en cuenta las fotografías, mis artículos mis dibujos, y lo que yo tenía para decirle, nunca lograría que él gastara el dinero necesario para montar una sala. Tendría que hacer la presentación personal para convencer al único hombre que tomaría la decisión sobre la versión de la sala, mi última meta. Construiría una cabina, una versión del tamaño de una sala de juegos. Para mí era obvio que debería tener tres dimensiones, y tener sonido y viento e incluso olores. Decidí hacerlo yo mismo, pieza por pieza.

A finales de los años 50, Heilig tomó a su cargo dictar un curso sobre crítica de cine. Compró un par de cámaras cinematográficas y un par de proyectores y los unió formando un sistema estereoóptico casero: encontró por fin un socio que estuvo dispuesto a invertir dinero para terminar el prototipo. Pusieron en marcha una empresa, llamada Sensorama, construyeron un primer modelo que funcionaba y lo trasladaron a la casa de Heilig en Greenwich Village. En aquel tiempo, ese lugar estaba en pleno fermento bohemio de la era de los beatniks, y Heilig, un cineasta con barba de chivo, estaba en la masa. Su socio editó un folleto y lo envió a las principales corporaciones, incluso Ford e International Harvester. Lo trataron como una propaganda de espectáculo. Uno podía brindar a su posible cliente la experiencia de viajar en una cosechadora, oler el heno, gozar de la brisa o dar un paseo en un convertible. Las grandes empresas no mordieron el anzuelo.

Los socios de Sensorama usaron la analogía de los restaurantes y máquinas automáticas de comida para describir la relación entre el teatro de la experiencia y el Sensorama. Un restaurante y un teatro de experiencia sirven al mismo tiempo a cientos de personas, su instalación es costosa y ocupan mucho espacio. Una vendedora automática y un Sensorama sirven a una persona por vez, su desarrollo es menos costoso y ocupan poco lugar y espacio. En el mercado de la alimentación, hay lugar tanto para restaurantes como para máquinas vendedoras, y en el mercado de la experiencia hay lugar para teatros y Sensoramas.

Llevado hasta el último nivel de presentación personal, el teatro de la experiencia podría comprimirse hasta el tamaño de un display, montado en la cabeza, que una persona podría llevar como un par de gafas de sol muy voluminosas. La patente de Heilig n.° 2.955.156, otorgada el 4 de octubre de 1960, se refería a "un aparato de televisión estereoscópica para uso individual", y su patente n.° 3.050.870, otorgada el 28 de agosto de 1962, era para "un simulador de Sensorama". Cuando pregunté por el artefacto acoplado en la cabeza, Heilig desapareció en un cuarto trasero y volvió con el prototipo de aluminio en forma de caja, de treinta años de edad, llamado "la máscara telesférica" que encasquetó en mi cabeza. No había un proyector de televisión estereográfica que animara la máscara con imágenes, pero era decididamente un display de cabeza, construido y patentado cinco años antes de que Ivan Sutherland armara en el MIT el display de grafismo computerizado montado en la cabeza, el más difundido como predecesor histórico de los cascos de RV de hoy día.

Aunque decidieron instalar su prototipo como una máquina de entretenimiento activada por monedas, Heilig y su socio estaban perfectamente seguros del potencial industrial y educativo que representaba Sensorama. Aunque la patente de Sensorama fue muy anterior a las investigaciones psicológicas sobre la índole del aprendizaje, que nos informan sobre los designios de las tecnologías educativas de hoy, Heilig dejó escrito en su patente: "Un concepto básico en la enseñanza es que una persona aprenderá con mayor eficiencia si experimenta en realidad la situación en lugar de leer al respecto o escuchar una conferencia". Los educadores, empero, no estaban interesados, y aun si hubieran comprendido lo que proponía Heilig, habrían sido los últimos en pedir millones de dólares para investigación y desarrollo. La industria no estaba interesada. Pero los infatigables socios de Sensorama lograron convencer a un dueño de salas de juegos para que les permitiera colocar la máquina en una galería en la 52 y Broadway en Nueva York. Quedó rota en pocas horas. Se la llevaron y la repararon. A pesar de varios meses de trabajo invertidos para mejorar su solidez, Sensorama era sencillamente demasiado compleja para el tratamiento que recibía en las galerías.

El socio de Heilig perdió interés. Heilig continuó su carrera como cineasta documental. Una noche recibió una llamada de un individuo que había visto la máquina Sensorama en Broadway, y estaba interesado en discutir la

posibilidad de producir en serie los teatros de experiencia en miniatura. Pero el individuo se hallaba en la zona de San Francisco, y Heilig seguía viviendo en Nueva York.

—Pocos meses después me hallaba en San Francisco para el proyecto de un filme —recordó Heilig—. Por la noche, en la víspera del día fijado para dejar California, mi mujer me apremió para que llamara a ese individuo. Aunque era ya medianoche, me dijo que fuera a verlo. Me dio las señas de un lugar donde me esperaría, a una hora de viaje de la ciudad. Era una noche neblinosa. Seguí sus indicaciones y me encontré en un aparcamiento retirado. Allí había un tipo con barba, con un traje sucio, sentado en un coche desvencijado. me dijo que lo siguiera y ahí estaba yo conduciendo por un camino de campo, sinuoso, en medio de una noche llena de bruma. Era una escena de Drácula. Y luego él se detuvo frente a aquella enorme casa, aquel maldito castillo con un gran portón."

Era un verdadero promotor, aunque excéntrico y puso los 50.000 dólares necesarios para construir un prototipo de un Sensorama que pudiera venderse al gran público. Encontraron una empresa de máquinas vendedoras y a un ingeniero. Heilig volvió a la costa Este. Unos meses después, invitado como productor asociado para una película de largometraje, Heilig se mudó con su mujer e hijos a Hollywood. Cada fin de semana volaba a Fresno, donde estaba instalada la empresa de las máquinas vendedoras. Después, el mentor de Heilig en Hollywood, el productor de películas, fue despedido. Las personas que siguieron con el proyecto despidieron a Heilig. Era a finales de los años 60, y él había aprendido hacía tiempo cuán arduo era llegar a ser un empresario de éxito en la industria de los entretenimientos.

Desamparado en Hollywood, Heilig ingresó en el sindicato de los operadores de cine y subsistió trabajando en varios proyectos. El nuevo prototipo de Sensorama —aquel que hoy descansa bajo las parras en su cobertizo— no logró atraer una segunda vuelta de financiadores. Nuevamente, el promotor de Heilig perdió interés. Al no haber nadie que se atreviera a declarar que los problemas que él enfrentaba eran una consecuencia de la percepción errada del mundo y no un defecto de su propia visión, Heilig escribió y editó por su cuenta otro manifiesto. Este otro, titulado "Anteproyecto para una nueva Hollywood", proponía que los estudios invirtieran el dinero que cuesta producir dos películas de largometraje, en un instituto de investigación y desarrollo para crear las tecnologías cinematográficas de mañana. Es de lamentar que no lo hubieran hecho veinte años antes, como proponía Heilig.

—Por el precio de un par de películas de largometraje, podríamos haber creado la realidad virtual hace una década —suspiró Heilig, cuando hablamos acerca de su "Anteproyecto" de 1971—. Por mucho menos que el precio de un bombardeo, podríamos haber distribuido maravillosos ambientes de aprendizaje entre nuestras principales universidades. Si hubiera escrito una propuesta para un teatro donde se matara gente, sospecho que habría tenido más éxito para encontrar capital.

Heilig sazonó lo que de otro modo hubiera sido una larga y triste historia, con comentarios sardónicos que señalaban la supervivencia de su carácter juguetón e iconoclasta por encima de los éxitos y fracasos de su búsqueda.

La visión de Heilig de un medio que conduzca experiencias artificiales multisensoriales está a un paso de ser realidad en los años 90, pero la senda que lleva a las tecnologías de la RV de hoy no viene del cine. Más bien, fueron el desarrollo de las máquinas pensantes, la extensión de las herramientas basadas en la computadora para la amplificación de la percepción y cognición humanas las que llevaron a la aparición de una forma de teatro de experiencia desde el centro de un campo menos cinematográfico: la ciencia de la computación. Hubo otros como Heilig que vieron la gran fuerza educativa de la experiencia sensorial directa, y que tuvieron visiones de futuras tecnologías que podrían propulsar el pensamiento humano a un nivel totalmente nuevo. Como Heilig, muchos visionarios de la revolución de las computadoras trabajaron solos durante años, sin poder convencer a sus colegas para que prestaran la debida atención a sus locas ideas. A diferencia de Heilig, algunos visionarios clave en la revolución de las computadoras lograron conseguir poderosos promotores para sus ideas, en el Departamento de Defensa de Estados Unidos.

El esfuerzo de encontrar métodos para estrechar más la unión entre las mentes humanas y las computadoras llevó décadas para converger con un esfuerzo más antiguo, el de crear la ilusión de las tres dimensiones. La RV nació fuera de esas convergencias, y es en esas posibles convergencias donde podemos hallar los esbozos de los desarrollos futuros de la RV. El modo en que cuestiones científicas no afines y tecnologías diferentes de golpe llegan a formar parte de algo nuevo y distinto es una de las características de la investigación de la RV a la que he tenido que acostumbrarme. Cuanto más cerca miraba, tanto más me parecía que esa "nueva" tecnología procedía de una combinación evolucionada de varias tecnologías más antiguas, que no sabían que iban a chocar con otra vía de investigación tecnológica.

La índole convergente de la tecnología de RV es una razón por la cual tiene el potencial de desarrollarse muy rápidamente para pasar de su singularidad científica a la vida. Los nuevos métodos para hacer herramientas de piedra llevaron decenas de miles daños hasta propagarse entre la mayoría de las poblaciones humanas. Pasaron centurias para cruzar los cereales hasta obtener sus variedades modernas. Las máquinas de vapor, sin embargo, cambiaron el modo de vida de la gente de todo el mundo en menos de un siglo, las comunicaciones electrónicas acortaron el período de cambio universal profundo hasta una década y las revoluciones de las computadoras parecen sobrevenir cada cuatro o cinco años ahora. Si extrapolamos esa tendencia a la revolución de la RV en el futuro próximo, hay una probabilidad significativa de que los cambios culturales profundos sugeridos aquí ocurran más pronto de lo que nadie haya predicho.

Las dos fuerzas motrices más potentes que impulsan el ritmo acelerado

del cambio tecnológico son los fenómenos de las *tecnologías habilitantes* y la *convergencia* científico-tecnológica. Pensemos en esas ideas como una forma específica de encarar los apuntalamientos de cualquier cambio tecnológico, lentes conceptuales que pueden revelar los motivos de las sorpresas y avances inesperados que han dominado la historia de la tecnología del siglo XX. Ambos fenómenos están funcionando en la rápida aparición de la investigación en RV.

Una *tecnología habilitante* es aquella que hace que otra tecnología sea posible. Algunas tecnologías potentes surgen a la existencia en un momento dado porque algún umbral de precio o ejecución fue cruzado por una o varias tecnologías habilitantes. Algunas son elementos habilitantes de muchas otras tecnologías. La válvula de vacío, por ejemplo, fue la tecnología habilitante para la radio y la televisión, así como la máquina de vapor fue una tecnología habilitante, tanto para las locomotoras como para las dinamos. Las dinamos y las lámparas incandescentes fueron tecnologías habilitantes para la electrificación del mundo. La realidad virtual basada en las computadoras y los displays fijados en la cabeza fue un sueño durante décadas, pero tenía que esperar que las tecnologías habilitantes de la miniaturización de la electrónica, la simulación por computadoras y el grafismo computerizado madurara a fines de los 80.

La *convergencia* está relacionada con las tecnologías habilitantes, pero les añade un leve matiz de impredictibilidad: la historia muestra que trayectorias científicas y tecnológicas aparentemente no afines pueden converger de pronto para crear un campo enteramente nuevo. La convergencia requiere una intersección de ideas profundamente similares, así como un elemento de maduración o evolución de la potencia o precio de las tecnologías componentes conexas.

La tecnología del video y el hardware de las computadoras, impulsados ambos por la miniaturización de los componentes electrónicos, cruzaron al mismo tiempo el umbral de precio y ejecución, cuando los científicos soñaban con construir ordenadores personales. Aunque ahora parezca evidente, sólo pocos visionarios previeron la posibilidad de conectar las pantallas de televisión con las computadoras y permitir a los no programadores aprovechar la ventaja de la fuerza de cómputo para amplificar su pensamiento y comunicación. Esos componentes convergieron para crear otra cosa, porque ambos eran necesarios en una nueva tecnología que la gente quería construir: una interfaz de computadora que usara la percepción humana para facilitar la comunicación hombre-máquina.

La convergencia crea extraños compinches. El ejército de Estados Unidos dio los fondos para la primera computadora, la Agencia de Proyectos de Investigación del Departamento de Defensa creó las tecnologías habilitantes para los ordenadores personales y el apetito del público norteamericano por las cosas fabricadas condujo el desarrollo de la televisión. En ordenadores personales, las vías de desarrollo militar y de entretenimiento del consumidor

convergieron haciendo posible una nueva herramienta. En el futuro, análogas y extrañas alianzas entre diseñadores de armas, vendedores de comunicaciones y fabricantes de juguetes son posibles conductores de la industria de la RV.

Hay personas que trabajan en los bordes esotéricos de sus campos y no están enteradas siquiera de que su trabajo converge con la investigación que otros realizan en campos que no son obviamente conexos. La computadora digital surgió de la inesperada convergencia de varios factores, incluso las recónditas cuestiones referentes a los fundamentos lógicos de la matemática, la necesidad práctica de técnicas de computación para manejar los circuitos de conmutación del teléfono y calcular las ecuaciones balísticas de artillería, y la capacidad de las válvulas de vacío electrónicas para funcionar como elementos de conmutación. La propia computadora digital electrónica es una tecnología habilitante clave para el ciberespacio, como veremos, pero no es la única tecnología habilitante; la convergencia de las computadoras con los dispositivos visuales, basados en la óptica, era importante para el nacimiento de la RV. Como a menudo ocurre, las personas cuya curiosidad las impulsa a jugar y teorizar en un siglo en un lado del mundo pueden descubrir que sus ideas chocan con la excursión intelectual de otra persona, tal vez siglos más tarde, en alguna otra parte del mundo.

Los principios de la estereoscopia, investigados por primera vez más de un siglo antes de que se hubieran inventado las computadoras digitales, son los cimientos de los displays fijados a la cabeza, que transportan a los cibernautas de hoy a las simulaciones creadas por una computadora. La tecnología de la estereoscopia implica el uso de un aparato óptico y pares de imágenes que creen ilusiones tridimensionales.

Todo lo que usted necesita saber ahora acerca de los fundamentos fisiológicos de las tres dimensiones estereoscópicas puede ser captado directamente mediante un experimento sencillo y breve: abra los ojos y mire alrededor. Mueva la cabeza, dé algunos pasos. Observe un objeto que se mueve.

Si usted es como la mayoría de las personas, usted usa dos ojos, separados unos 6,5 centímetros entre sí, a una distancia aproximada de un metro sesenta del suelo, para percibir una imagen tridimensional, a todo color, fundida, del mundo. Puede ajustar el foco, mover la cabeza, mover los ojos, caminar alrededor. Algunas de las cosas que usted ve tienen sombras. Usted tiene la sensación de cuáles son los objetos que están cerca y cuáles están lejos; usted sabe si hay algo en su campo visual que se acerca a usted o se aleja de usted. Si camina alrededor de un objeto, puede ver qué hay detrás de él. Cada uno de esos aspectos de la percepción visual humana del espacio es la base para una o más ópticas técnicas destinadas a simular los mundos tridimensionales.

Las ilusiones estereoscópicas son artilugios que la gente ha descubierto, usando lentes y pares de imágenes, para simular una o más estratagemas perceptivas que usan los humanos para crear escenas tridimensionales. Cuando

usted mira un objeto tridimensional, cada uno de sus ojos recibe luz reflejada por el objeto en ángulos desplazados con precisión. Los ángulos bajo los cuales los fotones de la fuente de luz rebotan contra los objetos en una escena y entran en sus ojos desencadenan el funcionamiento de su sistema óptico para alimentar su cerebro con una corriente de señales sobre la tridimensionalidad de la escena que vieron sus sentidos. Esos ángulos críticos están determinados por la distancia entre los ojos y la distancia al objeto. La distancia entre los ojos nunca cambia, pero las distancias a los objetos cambian, cambia su punto de vista, cambian las fuentes de luz generando cascadas de nuevas y múltiples computaciones paralelas. Todos esos torrentes perceptivos son los que algunos psicólogos contemporáneos llaman *affordances*, elementos que nos capacitan para crear el mundo a medida que nos desplazamos por él. Pasará largo tiempo, si alguna vez ocurre, antes de que los "jockeys de silicio" coloquen sus manos en una CPU (unidad central de procesamiento) no humana tan fuertemente optimizada para la creación del mundo como la que tenemos en nuestro cráneo.

Cierre un ojo y luego ábralo y cierre el otro y verá cómo salta la escena hacia atrás y hacia delante. Como sugirió otro pionero de la RV, Scott Fisher, en su tesis doctoral: "Un ejercicio ilustrativo consiste en colocarse frente a un gran trozo de vidrio y, manteniéndose quieto, dibujar el contorno de los objetos que ve a través del vidrio con un ojo, estando el otro cerrado. Sin moverse, invierta el proceso y trace lo que ve con el otro ojo". Todos somos autoestereoscópicos. Nuestros ojos son dispositivos de entrada estéreo; nuestros globos oculares y el cuello son refinados soportes cardánicos de múltiples grados de libertad para poner en movimiento nuestro sensor estéreo. Nosotros somos elementos en una ecología informacional que crea la útil ilusión que llamamos "realidad". Los fotones, la propiedad que tienen los objetos que vemos de reflejar la luz, la distancia entre los ojos, la índole de nuestro sistema de percepción visual, nuestros procesadores paralelos de datos y otras funciones cerebrales aún desconocidas para la ciencia actúan en concierto para tejer la tela de la experiencia sin costuras aparentes.

Los medios artificiales de presentar información tridimensional estereográfica emplean a menudo aparatos o lentes especiales que muestran los pares de imágenes a los ojos correspondientes. Las lentes de los "obturadores electrónicos" de hoy funcionan intercalando "vistas del ojo izquierdo" con "vistas del ojo derecho" cada treintavo de segundo; los obturadores selectivamente cierran y admiten vistas de la pantalla en sincronía con las intercalaciones, mostrando siempre la vista apropiada a cada ojo. Sin embargo, hay maneras de crear imágenes tridimensionales estereoscópicas sin anteojos especiales. El empleo de lentes lenticulares, por ejemplo, fue conocido desde los experimentos de Herman Ives en 1930. Supongamos que usted pudiera tomar dos imágenes necesarias para crear un par estereoóptico tridimensional y las corta en láminas verticales muy delgadas, luego las intercala en un orden preciso ("multiplex" es el término técnico para esa clase de intercalación ordenada de seña-

les) y coloca las lentes semicilíndricas verticales enfrente de aquéllas de modo que cuando mira directamente la imagen, verá la imagen del ojo izquierdo con el ojo izquierdo y la imagen del ojo derecho con el ojo derecho. Esa ilusión esmeradamente elaborada de profundidad se basa en uno solo de los artificios que usan los humanos para crear los mundos tridimensionales: el *paralaje binocular*. Otro elemento fuerte interviene solamente cuando movemos la cabeza, por las diferencias características con las que se mueven las escenas del mundo (los objetos próximos parecen moverse más que los lejanos, por ejemplo): *paralaje del movimiento*. Las pantallas lenticulares muestran a los espectadores los correspondientes estereopares cuando mueven la cabeza, hasta cierto grado. Un sensor de movimiento de la cabeza que ajuste la imagen puede mejorar el efecto.

El arte y la ciencia de la estereoscopia son antiguas. En el siglo II de nuestra era, el médico griego Galeno describió la primera teoría de la perspectiva del ojo izquierdo y derecho, el principio del pensamiento detrás de una representación bidimensional plana de lo que vemos. Durante miles de años después de Galeno, sólo unos pocos especialistas aislados investigaron los aspectos binoculares de la percepción en profundidad. En el Renacimiento, los artistas europeos aprovecharon las ventajas de trucar algunos aspectos de la percepción humana profunda para crear las ilusiones de la perspectiva. En capítulos posteriores se examinarán más de cerca los artificios "pictóricos" que emplean los artistas para crear la ilusión en profundidad.

Los aspectos más interesantes del arte anamórfico y de las perspectivas son aquellos que nos dan una información sobre la relación entre representación y percepción. Un investigador de Harvard, al comentar las teorías desarrolladas para explicar el realismo percibido en las imágenes pintadas, lo expuso de esta manera: "Los cuadros comunican reuniendo información mediante la luz, en esencia, del mismo modo que lo hacen los objetos y escenas reales, y el espectador desenvuelve el paquete básicamente de la misma manera".

La estereoscopia fue la primera tecnología que empaquetó la información visual de tal forma que coincidiera con el aspecto binocular del "desenvolvimiento visual". Se trató de una invención particular, un dispositivo notablemente sencillo, cuando se sabe cómo construirlo, y atrajo la atención de una emperatriz para que naciera la moderna estereoscopia. En 1833, el estereóscopo de Wheatstone fue el primero y principal avance que condujo a una cadena de invenciones directamente vinculadas con los actuales displays de cabeza.

Muchas clases diferentes de displays estereoscópicos fueron inventados en el siglo pasado. Todos tienen en común el uso de *"estereopares"*, dos imágenes levemente diferentes de la misma escena, pero las tecnologías difieren en la manera en que los pares se presentan a los ojos humanos. Los sistemas multiplex con división de tiempo usan varios dispositivos para mostrar las imágenes diferentes a intervalos cortos: primero el usuario ve una imagen;

luego, una fracción de segundo más tarde, el usuario ve la otra imagen del par. En el siglo XIX y a la entrada del siglo XX, se emplearon métodos mecánicos similares a los mecanismos de la proyección de películas, para alcanzar los efectos estereoscópicos multiplex de tiempo. En épocas más recientes, se aplicaron a esta clase de estereoscopia métodos electrónicos derivados de la tecnología de la televisión; las gafas de "obturador electrónico" que usé en la UNC y en Japón eran del tipo multiplex de tiempo.

Los sistemas en tiempo paralelo que muestran ambas imágenes al mismo tiempo, son anaglíficos, en los que lentes de colores diferentes hacen que cada ojo vea cada imagen del par de un modo algo distinto, o con tomas yuxtapuestas, en las que las lentes o espejos desvían imágenes separadas a cada ojo, o tubos de rayos catódicos dobles que usan displays de video para presentar en forma simultánea imágenes diferentes.

Piense que su campo de visión consiste en la intersección de dos conos anchos de percepción, uno que parte de cada uno de sus ojos, cada uno de los cuales ve una perspectiva diferente. Si usted hace dos dibujos (Wheatstone trabajó antes de que se inventara la fotografía, de modo que se puede pensar de él que fue el abuelo de las historietas tridimensionales), cada uno de los cuales describa la misma escena desde perspectivas algo diferentes, correspondientes a la distancia interocular humana, y luego presenta cada imagen a un ojo, la visión humana fundirá las dos perspectivas en la ilusión continua de una escena tridimensional. El dispositivo de Wheatstone explotó ese efecto de un modo ingenioso. El estereoscopio de espejos estaba formado por dos espejos colocados en un ángulo de 45° que hacen converger dos imágenes en los ojos derecho e izquierdo del espectador. Imagínese mirando por un binocular. El ocular izquierdo mira un espejo que forma un ángulo con su nariz, reflejando una tarjeta colocada en un soporte a su izquierda. El ojo derecho ve la otra tarjeta. Usted ve una escena con la sensación perceptible de profundidad. El estereoscopio de espejos fue el predecesor de los estereoscopios de tarjetas postales, muy difundidos, que se usaron a finales del siglo XIX y principios del XX.

La forma moderna común del estereoscopio fue inventada por sir David Brewster en 1844, quien agregó medias lentes para ayudar a que cada uno de los ojos viera las figuras diferentes en los estereopares; la invención de Brewster, en la que ambas imágenes están montadas en una sola tarjeta, sobreviene en diferentes variantes, siendo su encarnación moderna de 1940 el Viewmaster. Las primeras estereofotografías fueron tomadas con una sola cámara que se desplazaba seis centímetros para una segunda exposición. La invención de la cámara estereoscópica en 1949 permitió a los aficionados que tenían interés sacar estereofotografías de 35 mm. Hasta ahora Kodak prepara pares fotográficos de un montaje para estéreo.

Hubo una continuidad de intereses en la fotografía y la proyección tridimensional entre las diversas subculturas ópticas y fotográficas; la SPIE, la Sociedad de Ingeniería Instrumental Fotoóptica, es una compañía que, si bien es

muy diferente, se superpone con SIGGRAPH, el grupo de interés especial por la gráfica de la Association for Computing Machinery, y que es algo diferente de SID, la Sociedad para el Display de Información. Los entusiastas por las técnicas de las imágenes estereoscópicas forman una de las subculturas claves que se encuentran inmersas en la misma investigación interdisciplinaria del ciberespacio que la gráfica computada, la simulación y la interfaz hombre-computadora.

En 1851, la reina Victoria expresó su entusiasmo por las tarjetas estéreo que vio en la exposición del Palacio de Cristal de Londres. La atención de Victoria, amplificada por los medios periodísticos de su época, era bastante poderosa para hacer y deshacer productos y políticos; su real entusiasmo impulsó las tarjetas estereoscópicas a la aceptación pública como una forma de entretenimiento hogareño. En 1891 un hombre llamado Duhauron desarrolló el primer sistema anaglífico basado en las fotografías. Las horribles gafas para cine de los años 50, con un gel verde sobre un ojo y un gel rojo sobre el otro, eran instrumentos producidos en serie para explotar el efecto anaglífico, basado en su origen en un trabajo hecho por un individuo llamado Dalinrida, quien fue el primero en combinar en 1858 los filtros coloreados sobre los lentes izquierdo y derecho, para superponer imágenes en una pantalla. La imagen del ojo izquierdo, por ejemplo, se proyecta en la pantalla a través de un gel rojo y, puesto que el ocular derecho del espectador también está cubierto con gel rojo, la imagen izquierda es invisible para el ojo derecho. La imagen del ojo derecho se proyecta en la misma pantalla a través de un gel verde; el ocular izquierdo sólo admite las imágenes proyectadas en rojo.

Luego la tecnología de los filmes avanzó y la atención mundial fue atraída sobre todo por los mundos virtuales creados en la pantalla con miles de fotografías, veinticuatro por segundo.

Como las realidades virtuales de hoy, los filmes tomaron por sorpresa a la gente al principio: la gente salía corriendo y chillando del teatro cuando D. W. Griffith introdujo los primeros planos; comprendemos qué representan las incorpóreas "cabezas hablantes" hoy en una pantalla porque es parte de nuestro modelo de realidad percibido, nuestra colección de reglas perceptivas aprendidas que nos ayudan a dar sentido a nuestro flujo de sensaciones. Pero en los primeros cines, el público tenía que aprender a percibir la virtualidad de una película. Es de suponer que el mismo proceso tendrá lugar cuando madure masivamente la RV.

Después del cine mudo, vino el cine sonoro, y con el progreso de la industria cinematográfica hubo muchas expectativas de que Hollywood desarrollara pronto un sistema de proyección tridimensional. En 1937, la MGM produjo una comedia titulada *The third dimension murder*, filmada con una cámara de los estudios, especialmente diseñada, y que era un temprano proceso bicolor. El primer gran perfeccionamiento en la cohesión de las imágenes estéreo fue la invención de procesos de polarización, que hicieron posible ver un largometraje a todo color. La polaridad de la luz es una característica que

en general es invisible para el ojo humano, pero se pueden preparar filtros transparentes que dejen pasar sólo la luz de una polaridad. En lugar de proyectar las imágenes de izquierda y derecha a través de los filtros rojo y verde, se logró hacer invisible para cada ojo uno de los pares de imágenes estéreo, proyectando pares de imágenes de diferentes polaridades usando lentes polarizadas apropiadas para cada ojo. Los primeros polarizadores de lámina existieron en el siglo XIX, pero eran de mala calidad. En 1928, Edwin Land, de la Polaroid, desarrolló los primeros materiales polarizados de primera calidad, que le dieron la posibilidad de hacer gafas Polaroid, usando imágenes desfasadas de 120 a 140° (una medida de la diferencia de polaridades) para crear imágenes estereoscópicas en la pantalla. En 1935, Land exhibió un filme estereoscópico experimental. A partir de esa exhibición se realizó un largometraje estereoscópico para la exposición de la Chrysler Corporation en la Feria Mundial de Nueva York en 1939.

El gran *boom* con películas tridimensionales llegó en 1952 con *Bwana Devil*, el primer largometraje norteamericano en color, tridimensional, usando lo que se conocía como proceso de Visión Natural. Todos los entusiastas de los filmes tridimensionales que he conocido parecen sobresaltarse cuando se menciona *Bwana Devil*; fue una de esas películas increíblemente malas que reflejan en forma rara la cultura de una época cuando se la ve treinta o cuarenta años más tarde. Hubo grandes recaudaciones para *Bwana Devil*, sin embargo, que llegaron a 100.000 dólares, mucho dinero en aquellos días, de modo que los estudios pujaron por realizar toda una ola de filmes tridimensionales en 1954. *Dial M for Murder, House of Wax, Creature from the Black Lagoon, It came from Outer Space* se contraron entre los mejores, junto con centenares de otros verdaderamente espantosos. Después de 1954, se introdujo el Cinemascope y la evolución del cine se apartó de la tridimensionalidad hacia perspectivas más amplias.

El teatro de experiencia no se ha creado, pero la vieja idea parece encontrar una vida nueva en el mundo de las computadoras. Aunque la larga y honorable tradición de la estereoscopia no desembocó por sí misma en una experiencia sintética realista total, creó una infraestructura para presentar información tridimensional a un espectador humano. Cuando fue posible usar computadoras para proporcionar esa información tridimensional y la gente empezó a ingresar realmente en los mundos simulados por computadoras, el camino de Heilig y los caprichos tridimensionales de épocas pasadas llevaron la tecnología de las computadoras hacia adelante. La RV, como existe hoy, ha nacido en la tierra de las computadoras y no en los pueblos de baratijas. Y el ímpetu que promovió la búsqueda de los displays tridimensionales fue un proyecto deliberado, a largo plazo, para crear computadoras que pudieran funcionar como amplificadores de la mente. Los que diseñaban dichos amplificadores se proponían crear conexiones cada vez más estrechas entre los procesos del pensamiento y las capacidades informáticas de la computadora.

Por último, la RV no es estrictamente ni una criatura de la ciencia de la computación ni una forma de entretenimiento, sino algo que participa a la fuerza de ambos legados técnicos, como lo van a revelar los capítulos siguientes. Sin embargo, no hay duda de que la RV no habría sido posible en los años 90 si un pequeño grupo de visionarios no se hubiera conjurado para construir máquinas para pensar con ellas, en los años 60.

3

Máquinas con las que se pueda pensar

"La suma de la experiencia humana se está expandiendo a una velocidad prodigiosa, y los medios que usamos para abrirnos paso a través de un confuso laberinto hasta el tema que nos importa en un momento dado son los mismos que los empleados en los días de los barcos de velas cuadradas.

"Pero hay señales de cambio en la medida que empiezan a utilizarse medios nuevos y poderosos. Las fotocélulas capaces de ver cosas en un sentido físico adelantaron la fotografía que puede registrar lo que se ve y aun lo que no se ve, válvulas termoiónicas capaces de controlar grandes fuerzas por efecto de una fuerza menor de la que usa un mosquito para hacer vibrar sus alas, lámparas de rayos catódicos que vuelven visible un suceso tan breve que, en comparación, un microsegundo parece un tiempo largo, combinaciones de relés que llevan a cabo sucesiones complicadas de movimientos de un modo más confiable que cualquier operador humano y miles de veces más rápido: hay multitud de ayudas mecánicas con las cuales se puede hacer una transformación en las actas científicas... Para un pensamiento maduro no hay un sustituto mecánico... Pero el pensamiento creativo y el pensamiento esencial reiterativo son cosas muy diferentes. Para este último hay y puede haber poderosas ayudas mecánicas."

VANNEVAR BUSH
As We May Think, 1945

"Aumentar el intelecto del hombre significa para nosotros incrementar la capacidad de un hombre de enfocar una situación problemática compleja, lograr su comprensión para satisfacer sus necesidades particulares, y deducir soluciones para los problemas planteados. Una capacidad incrementada al respecto significa... que la comprensión puede ser alcanzada con mayor rapidez; que se puede lograr una mejor comprensión; que se puede conseguir un grado útil de comprensión en una situación que anteriormente era muy compleja; que las soluciones pueden producirse con más rapidez; que

pueden ser mejores; que pueden encontrarse soluciones allí donde antes el humano no podía hallar ninguna. Y por 'problemas complejos' entendemos los problemas profesionales de diplomáticos, ejecutivos, especialistas en temas sociales, ciencias humanas, físicos, abogados, proyectistas, ya sea que la situación problemática exista por veinte minutos o veinte años. No hablamos de ardides ingeniosos que ayudan en situaciones particulares. Nos referimos a un estilo de vida en un dominio integrado en las corazonadas, los tanteos, los intangibles y la humana 'sensibilidad de la situación' coexisten en forma útil, con conceptos fuertes, terminología y notación adecuadas, métodos refinados y ayuda electrónica de elevada potencia."

DOUGLAS ENGELBART
A Conceptual Framework for Augmenting Man's Intellect, 1963

Aunque no lo supe en aquel momento, di mis primeros pasos en el ciberespacio en 1982. La idea de usar una computadora como un amplificador de la mente me había fascinado largo tiempo, pero no llegué a poner mis manos en ella hasta que me contrataron para ayudar a un programador científico en el Centro de Investigación de Palo Alto de la Xerox Corporation, para escribir un artículo en una revista científica. El dispositivo se llamaba Alto y parecía una pantalla de televisión delgada negra y blanca, sobre una caja del tamaño de la mitad de mi cocina. Una cajita conectada con la pantalla mediante un alambre descansaba en el escritorio cerca del teclado: el "ratón". Mi compañero científico me aseguró, siendo yo un programador novato en aquel tiempo, que eso me ayudaría no sólo a hacer correcciones tipográficas, sino que me ayudaría a pensar, decidir, imaginar de nuevas maneras.

Al principio, me pareció extraño. Escribí sobre el teclado igual que lo hubiera hecho sobre un procesador de palabras normal. Pero en lugar de memorizar diferentes códigos alfabéticos para marcar, copiar, mover y suprimir bloques de texto, yo movía el ratón sobre el escritorio mientras observaba moverse el cursor y destacarse los caracteres, las palabras y los párrafos en la pantalla. La "metáfora del escritorio" que transformaba registros en ficheros, buzones electrónicos y basureros digitales en símbolos gráficos en la pantalla de la computadora, era un primitivo "mundo virtual" que me permitió colocar mis instrumentos de pensar directamente delante de mí, donde podía verlos. Enviando el ratón a los símbolos correctos, yo podía remitir mis documentos a través del laboratorio, al buzón electrónico de mi compañero, y mandar una copia automática al redactor de una revista científica a través del continente. La pantalla actuaba como un "caché" visual de mi memoria rápida, del mismo modo que la forma de colocar los documentos y las carpetas de archivos en un escritorio físico sirve como un recuerdo visual. Me fue difícil volver a mi obsoleto PC de IBM —en aquel tiempo, era lo más nuevo en

tecnología de ordenador personal— después de que hubo terminado mi compromiso con Xerox.

Resultó que el Alto, que había sido creado específicamente para ayudar a los programadores de Xerox a realizar trabajo intelectual, era una máquina histórica. Cuando me puse a ver los orígenes de esa compulsiva manera de usar una computadora, descubrí la antigua búsqueda del "aumento intelectual" que había conducido a la creación de la tecnología amplificadora de la mente. Ahora puedo ver que uno de los principios fundamentales de la visión de aumento —que es necesario usar una comunicación visual y dispositivos de entrada gestuales a fin de acoplar estrechamente las mentes humanas y las posibilidades computacionales— también sigue siendo un principio fundamental de la RV.

Tiene que ver con la manera de crear herramientas para manejar la complejidad.

La cultura humana —el conjunto de lenguas, métodos y conocimientos que preservamos y transmitimos a fin de salvarnos de volver a inventar la rueda cada generación— se ha vuelto demasiado compleja para manejarse sin máquinas. Para bien o para mal, el mantenimiento de la civilización humana para el futuro previsible requerirá tanto mentes como computadoras. Ya ahora, los humanos y nuestras tecnologías de informática no funcionan juntos demasiado bien. Para aquellos que trabajan en busca de soluciones para el problema, el foco de atención se ha desplazado desde el funcionamiento de las computadoras al modo en que se diseñan para ser usadas por las personas: la *interfaz hombre-computadora*. Es en la interfaz hombre-computadora donde se intersecta el desarrollo de la RV con la evolución de las computadoras.

Las interfaces hombre-computadora son herramientas para ayudar a las mentes y máquinas a trabajar juntas con más eficiencia, de modo que no son, en primera instancia, cuestión de bits o bytes, hardware o software, de la misma manera que el foco de la arquitectura no es básicamente un problema de ladrillos y vigas. Un mundo virtual es un mundo que usted maneja con gestos naturales, no componiendo programas, sino caminando alrededor, mirando alrededor y usando las manos para manipular objetos; en algunas tareas, la RV es la última interfaz de la computadora.

Toda herramienta tiene una interfaz humana: las perillas de una puerta son la interfaz humana para una puerta; los volantes y los velocímetros son las interfaces humanas para un automóvil. Una interfaz prehistórica efectiva era el mango del hacha de piedra. En la medida en que nuestras herramientas se volvieron más complejas y poderosas con los años, las interfaces también han evolucionado. A veces, la evolución de una herramienta surge antes que la evolución de su interfaz humana. Muchas de las herramientas más complejas de la historia reciente se desarrollaron sin pensar mucho en la interfaz; la computadora digital es el primer ejemplo de una herramienta que es útil a los iniciados, pero menos que útil para el gran público.

El funcionamiento interno de muchas computadoras es accesible sola-

mente a los expertos conocedores de los códigos de comunicación, denominados lenguajes de programación. Una pregunta radical que se formularon algunas personas hace tanto como cuarenta años, es la siguiente: en lugar de entrenar a las personas para que entiendan los lenguajes secretos de las computadoras, ¿por qué no diseñar máquinas que se comuniquen con la gente sin necesidad de lenguajes secretos? Los ordenadores personales y los simuladores personales son, ambos, respuestas potenciales a esa pregunta.

Si un pequeño grupo de personas no hubiera insistido en proseguir con este tema contra viento y marea, la expresión "ordenador personal" sonaría exótica hoy, como cuando fue propuesta por primera vez. Hicieron falta por lo menos dos profetas tecnológicos —J. C. R. Licklider y Douglas Engelbart— que estaban dispuestos a arriesgar sus reputaciones y su carrera, y la ayuda de una legión de infonautas inspirados, dispuestos a trabajar fuera de los límites de la sabiduría establecida, para crear ordenadores personales como hoy los conocemos.

Sin ordenadores personales, no habría habido nunca simuladores personales. Podrían haber aparecido y convergido visores estereoscópicos y videojuegos, pero es dudoso que la tecnología del ciberespacio de computación intensiva que vemos hoy se hubiera construido sin el impulso dado por la revolución del ordenador personal.

Destinar una sola computadora para el uso de una sola persona fue una idea revolucionaria que convergió con otra idea revolucionaria: la idea de que las interfaces humanas para computadoras deberían servir a las necesidades y capacidades humanas, en lugar de conformar la conducta humana para que se adecúe a las demandas de la tecnología. La manera en que una persona introduce las instrucciones o datos en una computadora es la parte de *entrada* de la interfaz, y la forma en que la computadora muestra al usuario los resultados de los cálculos es la *salida* de la interfaz; los primeros dispositivos de entrada y salida fueron diseñados teniendo en cuenta las limitaciones de las computadoras más que las aptitudes de los humanos. Una computadora que acepta entradas sólo en forma de tarjetas perforadas y escupe respuestas sólo en forma de números impresos en un rollo de papel es un ejemplo de interfaz de usuario destinada a satisfacer las necesidades de las computadoras de los años 50. Una computadora que acepta entradas tipeadas en un teclado es mejor; una que acepta una entrada que se señala en una imagen de televisión es aún mejor.

Las computadoras solían ser caras y voluminosas, de modo que era evidente que los métodos aplicados debían aprovechar al máximo los costosos recursos de la computación. Cuando llegaron los transistores y los circuitos integrados en los años 60, fue evidente que las computadoras se fueron achicando, abaratándose y haciéndose más potentes. La miniaturización que condujo desde las válvulas de vacío a los transistores y a los circuitos integrados ha sido una de las fuerzas tecnológicas revolucionarias más poderosas de la historia; al volverse cada vez más pequeños los elementos de conmutación bá-

sicos en las computadoras, se hizo posible reducir el costo de la computación mientras que se incrementaba la potencia de las máquinas en varios órdenes de magnitud. Ese factor explica el hecho de que los microprocesadores de un juguete de un niño de cinco años son hoy millones de veces más potentes, aunque mucho menos costosos, que la primera computadora electrónica digital, ENIAC, que procesó los primeros números en 1946.

Mientras la marcha de la revolución miniaturizadora marca el paso de los adelantos en la tecnología de las computadoras, el ritmo con el cual cantidades cada vez mayores de minúsculos interruptores pueden inscribirse en obleas de silicio proporciona también un motivo para predecir futuras tecnologías. El componente fundamental de cualquier computadora digital es un elemento conmutador —un mecanismo que enciende o apaga—. Las computadoras computan desprendiendo señales (bits) para formar símbolos más complejos. El número de señales que una computadora puede marcar en un período dado determina el poder que tiene esa computadora para resolver problemas. Los adelantos en miniaturización electrónica conducen inevitablemente a progresos en el hardware pocos años después, de modo que es posible predecir las ganancias en el precio o desempeño de una computadora que se produzcan probablemente cinco o diez años después de la aparición de una nueva generación de dispositivos electrónicos.

Los informáticos ortodoxos de los años 50 veían un futuro en el que usarían esos adelantos en electrónica para construir computadoras más grandes y más poderosas, que aún requerirían lenguajes arcanos y un sacerdocio de traductores hábiles para aprovechar las ventajas del poder de la computación. Otros teóricos, exteriores a la corriente general, veían algo más en la tendencia a la miniaturización, que impulsaba el desarrollo de la tecnología de las computadoras. Tarde o temprano, probablemente en los años 70, resultaría económico dedicar una computadora entera al uso de un individuo.

La idea de los ordenadores personales no parece extraña hoy, pero en los años 60 y 70 las computadoras no evolucionaron naturalmente de las tendencias principales que dominaban la ciencia y la industria; surgió intencionadamente de una comunidad de rebeldes que luchaban contra la marea de la opinión ortodoxa, para crear una tecnología que deseaban producir. Su meta no era volver obsoletos los equipos mecanográficos, convertir los contadores en pronosticadores financieros o generar industrias de miles de millones de dólares, aunque tales fueron los efectos de sus intentos. Los que construyeron los primeros ordenadores personales lo hicieron porque querían amplificadores de la mente para su propio uso.

En verdad, la primera persona que creyó en serio que sería posible un día usar computadoras para algo más útil, en un sentido general, que procesar plantillas de pagos y realizar cálculos científicos no pudo lograr que alguien lo escuchara durante diez años. Un día, justo a mediados del siglo XX, un joven ingeniero electrónico tuvo una inspiración súbita mientras iba a su trabajo. Douglas C. Engelbart, después de meditar profundamente sobre lo que ha-

ría con su vida y su talento, comprendió que la humanidad estaba creando problemas complejos a un ritmo acelerado y necesitaba nuevas herramientas para tratar con el mundo hacia el cual nos dirigimos. Se le ocurrió que si pudiéramos usar la potencia de las computadoras para realizar la parte mecánica de pensar y compartir ideas, las personas podrían aumentar su capacidad para hacer la parte más ardua del pensamiento y resolver juntos los problemas. Pasaron décadas para que el resto del mundo comprendiera la importancia de la revelación de Engelbart, y mucho de lo que conocemos como computación personal surgió directamente del Augmentation Research Center (ARC) de Engelbart en el Instituto de Investigaciones de Stanford en los años 60. Varias sólidas raíces de la RV se remontan a ARC.

No hace falta ningún conocimiento de computación para captar el concepto más importante del núcleo de la visión de Engelbart: si podemos encontrar la forma de usar medios audiovisuales para equiparar las aptitudes humanas perceptivas y cognitivas con la capacidad de representación y computación de las máquinas, los hombres podremos incrementar la potencia de nuestras herramientas intrínsecas más importantes para manejarnos con el mundo: nuestra capacidad de percibir, pensar, analizar, razonar y comunicarnos.

Douglas Engelbart, ahora sexagenario, sigue inspirándose en la visión que tuvo en 1950, aun cuando la tecnología de la computadora no haya evolucionado exactamente del modo que él lo vislumbró. Hablé con él esta mañana por teléfono y estaba exaltado por la forma en que la última encarnación engelbartiana, el Instituto Bootstrap, estaba despertando. Por primera vez lo vi hace siete años, y eso era ya bastante tarde en su historia. Un día de la primavera de 1983, conversé con Engelbart en sus oficinas en Cupertino sobre el origen de los ordenadores personales y cuál sería su rumbo. Yo le había seguido la pista porque buscaba los orígenes de la idea de que las computadoras pudieran ser usadas como amplificadores de la mente. Todas las bibliografías llevaban a los artículos de Engelbart de décadas pasadas. Entonces, alguien me dijo que él seguía trabajando en su visión original, de modo que lo llamé y me invitó a su oficina. En aquella época, Engelbart y el sistema que estuvo construyendo durante más de veinte años formaban parte de Tymshare, una compañía de servicios de comunicaciones con computadora cuyos dueños eran McDonnell-Douglas. Parecía paradójico, pero el hombre que había hecho posible la interfaz usada por la computadora Macintosh de Apple estaba trabajando en un cubículo de un edificio rodeado por el *campus* de Silicon Valley de Apple.

De cabello blanco, modales corteses y ojos azulados de mirada perdida, Douglas Engelbart era en 1983 la imagen del patriarca tecnológico. "Moisés dividiendo el mar Rojo y señalando el camino a la tierra prometida" es la frase que otro pionero de las computadoras, Alan Kay, usa para describir el carisma de Douglas Engelbart. No es la clase de fuerza que se irradia desde los balcones. Hay que acercarse a Douglas para oír lo que dice, pero la fuerza cabal de sus sentimientos acerca de las ideas que expone vivifica su relato.

Empezó para Engelbart con las consecuencias de la Segunda Guerra Mundial. Como técnico naval de radar esperando ser desmovilizado, se topó con el artículo de Vannevar Bush publicado en *Atlantic*, "As We May Think", en una biblioteca de la Cruz Roja en Filipinas. De vuelta a casa, siguió con su experiencia en radar y llegó a ser ingeniero electrónico. Años más tarde, el tiempo que invirtió en discernir las reales amenazas que representaban las virtuales crestas de eco en las pantallas de radar le rindió su beneficio cuando procuró pensar en nuevas técnicas mediante las cuales las computadoras pudieran presentar la información. Se casó y encontró un trabajo en una pequeña firma electrónica en Mountain View, California. Durante las tres décadas siguientes, Mountain View se convirtió de un vergel en el corazón de Silicon Valley, y Ames, el primer empleado de Engelbart, se convertiría en el principal centro de investigación para la NASA, el mismo en el cual el laboratorio de factores humanos ayudó a desencadenar la revolución de investigación de la RV. La visión de Engelbart apareció, sin embargo, en un momento en que no había más de una docena de computadoras en Estados Unidos.

En su oficina de Tymshare, entre estanterías llenas de carpetas que documentaban treinta años de investigación, Engelbart recordó el día de diciembre de 1950 en que enfrentó su futuro. Oteó el horizonte, como si pudiera ver un cuadro distinto en el aire, detrás de mí y encima de mi cabeza. "A la edad de treinta y cinco años —dijo—, me di cuenta de que había alcanzado todo lo que me había propuesto alcanzar en la vida. Había sobrevivido a la guerra y conseguido una esposa, un hogar, una instrucción y una profesión fascinante. Me di cuenta de que el problema de qué hacer luego iba a ser una decisión importante." Engelbart nunca había sido una persona que pudiera estar cómoda sin una meta. Le llevó aproximadamente un mes preparar un plan que iba a ocupar el resto de su carrera y modelar el futuro de la tecnología computacional.

Volviendo al año 1950, su paseo diario por los huertos soleados del valle de Santa Clara le dio tiempo para pensar. Tenía lo que deseaba para sí mismo, de modo que ansiaba ahora producir un efecto positivo en el mundo. Mientras sopesaba los futuros posibles que le podrían dar una mayor fuerza para hacer del mundo un sitio mejor, Engelbart descubrió que venía a toparse con el mismo problema en cualquier guión que imaginara: los problemas de nuestra civilización se vuelven más complicados y urgentes, pero nuestras herramientas para resolverlos no se han vuelto más poderosas. ¿Qué se podría hacer entonces para ayudar a la gente a abordar los problemas complicados? ¿Y cómo podría un ingeniero electrónico encontrar un método para contribuir a las soluciones? Es ahí cuando el cuadro mental del sistema que él quería construir se le presentó.

Aunque llevó décadas elaborar los detalles, los elementos principales de su visión se le ocurrieron de golpe, como un cuadro mental de un grupo de personas que trabajan juntas de una nueva manera: "Cuando oí hablar por primera vez de computadoras, comprendí por mi experiencia del radar que si esas máquinas podían mostrar información en forma impresa, podrían hacerlo tam-

bién en una pantalla. Cuando vi la conexión entre una pantalla semejante a las de televisión, un procesador de información y un medio para representar símbolos para una persona, todo eso se juntó. Fui a casa y esbocé un sistema en el cual las computadoras dibujarían símbolos en la pantalla y yo podría navegar entre los distintos espacios de información con botones y palancas, y mirar las palabras, los datos y los gráficos de diferentes maneras. Imaginé cómo se podría expandir eso hasta un ambiente teatral donde usted podría sentarse con sus colegas e intercambiar información simultáneamente en muchos niveles. ¡Dios! ¡Pienso cuán liberado podría sentirse uno para resolver problemas!".

En los años 90, la tecnología de la RV lleva a la gente más allá y a través de la pantalla del display a los mundos virtuales: hoy los investigadores de RV empiezan a trepar por la ventana que Engelbart y sus colegas han abierto. En 1950, sin embargo, Douglas Engelbart parecía ser la única persona en el mundo que creía que las computadoras pudieran o debieran exhibir información en las pantallas. Para comprender por qué todos creían que su idea era tan extraña en 1950, conviene recordar que sólo había en existencia un puñado de computadoras en esa época, y que la televisión estaba en su infancia.

La idea de usar esas tecnologías juntas como dispositivos para resolver problemas —sobre todo si la gente que los usaba no eran programadores— quedó como un fulgor en los ojos de Engelbart durante otra década. Dejó su trabajo y fue a la Universidad de California, donde tenían una de las dos computadoras que había en ese estado. Nadie en la universidad estaba interesado en experimentar, con el valioso tiempo de la computadora, algo tan irreal como una herramienta para ayudar a pensar a la gente. Así que Engelbart dejó lo académico y abrió su propia compañía, y luego la cerró cuando se dio cuenta de que no quería ser un empresario. Al no haber podido interesar a los psicólogos, programadores científicos, bibliotecarios o empresas electrónicas en que invirtieran en la investigación que quería promover, aceptó un trabajo en 1957 como investigador de computación más ortodoxo en el Stanford Research Institute (SRI), en Menlo Park, California.

En la época en que ingresó en el SRI, Engelbart decidió encontrar una manera de hacer comprender a la gente de qué hablaba él, desde la perspectiva de la computación tradicional. De modo que pasó un par de años haciendo investigación convencional mientras dedicaba su tiempo libre a escribir el armazón conceptual que necesitaba.

Engelbart no lo sabía en aquel entonces, pero estaba encaminado hacia una convergencia que lo arrojaría de la oscuridad a la orientación principal del diseño de computadoras y le abriría la entrada a la realidad virtual. El armazón conceptual que concibió a fines de los años 50 y principios de los 60 todavía se lee como un anteproyecto de una tecnología del siglo XXI. Y le dio algo para hacer, mientras que otros empezaban a inclinarse lentamente hacia su modo de pensar. Como muchos participantes en esa revolucionaria convergencia tecnológica, él no estaba enterado de la cantidad de personas y fuerzas que ya estaban lanzadas en la dirección de su sueño. Fueron necesarios otros

visionarios al otro lado del continente, el lanzamiento del Sputnik en octubre de 1957 y unos pocos años más de desarrollo de las tecnologías habilitantes claves, para que Engelbart tuviera el laboratorio que había procurado construir durante diez años.

Máquinas con las que se puede pensar

"La higuera es polinizada solamente por el insecto Blastophaga grossorum. *La larva del insecto vive en el ovario de la higuera y allí tiene su alimento. De modo que el árbol y el insecto son muy interdependientes: el árbol no puede reproducirse sin el insecto; el insecto no puede comer sin el árbol; juntos, no sólo constituyen una asociación viable, sino productiva y próspera. Ese 'vivir juntos en una íntima asociación, o hasta estrecha unión, de dos organismos disímiles' se llama simbiosis.*

"La simbiosis hombre-computadora es una subclase de los sistemas hombre-máquina. Hay muchos sistemas hombre-máquina. Por ahora, sin embargo, no hay simbiosis hombre-computadora... Hay esperanza de que, dentro de no muchos años, los cerebros humanos y las computadoras se acoplarán muy estrechamente y que la asociación resultante pensará como ningún ser humano haya pensado jamás, y procesará datos de una manera no enfocada por las máquinas procesadoras de información que conocemos hoy."

J. C. R. LICKLIDER
Man-Computer Symbiosis, 1960

"Cuando todo lo que tiene que ver con un sistema de computadora es visible, la pantalla del display traslada la carga de la memoria de corto plazo actuando como una especie de 'reserva visual'. Pensar se vuelve más fácil y más productivo. Un sistema bien diseñado puede mejorar realmente la calidad del pensamiento... Ocurre algo sutil cuando todo es visible: el display se vuelve realidad. El modelo del usuario se vuelve idéntico a lo que está en la pantalla. Los objetos pueden comprenderse puramente en función de sus características visibles... Una manera de lograr coherencia en un sistema es establecer paradigmas para las operaciones. Si se aplica un método acertado de trabajar en un campo a otros campos, un sistema adquiere una unidad que es tanto aparente como real... Esos paradigmas cambian el propio modo de pensar de uno. Llevan a nuevos hábitos y modelos de conducta que son más poderosos y productivos. Pueden conducir a un sinergismo hombre-máquina."

SMITH ET AL.
The Star User Interface, 1982

El Sputnik demostró de golpe y de forma espectacular que la Unión Soviética había logrado la capacidad de propulsar objetos del tamaño de una bomba a cualquier parte del mundo. Algo que los expertos habían sabido se volvió obvio para toda la población: el equilibrio del poder militar en el mundo se había desplazado desde los países con las mayores fuerzas armadas a los que tenían la tecnología de armas más avanzada. Y Estados Unidos, complacido en su superioridad de posguerra, no se dio cuenta de que en un área crítica por lo menos, el *know how* norteamericano ya no era el más avanzado en el mundo. La creación de la ARPA (Advanced Research Projects Agency) fue una de las respuestas oficiales más eficaces al Sputnik. Se le dio a la ARPA la misión de poner en cortocircuito el proceso tradicional de proveer fondos para las investigaciones, y proveerlos directamente a las ideas que pudieran ayudar a Estados Unidos a recuperar la superioridad tecnológica. Por suerte para Engelbart y para el destino de los ordenadores personales, sucedió que la ARPA contrató a otro hombre con visión, a J. C. R. Licklider.

Licklider también cayó en la cuenta de algo que le transformó la vida, semejante a la visión de Engelbart, que se dio en llamar "una especie de experiencia de conversión". Poco antes del lanzamiento del Sputnik, y aproximadamente en la misma época en que Douglas Engelbart —que él no conocía entonces— empezara a trabajar en el Instituto de Investigación de Stanford, Licklider era investigador y profesor en el Massachusetts Institute of Technology. Licklider, psicoacústico que usaba modelos matemáticos para comprender las bases del oído humano, empezó a embarullarse en sus propios datos. Los modelos se habían vuelto tan complejos que tomó mucho más tiempo ubicar los datos y crear los modelos que pensar en lo que significaban. Un día, rodeado de gráficos, fichas y pilas de datos de investigación, decidió indagar cómo gastan su tiempo los científicos. Al no encontrar ningún estudio existente sobre tiempo y movimiento de investigadores que barajan información como él, Licklider decidió seguir la pista de sus propias actividades en el transcurso de un día de trabajo normal.

Sus observaciones revelaron, para su gran asombro, que alrededor de un 85 % del tiempo de su "pensar" se invertía en realidad en "ponerse a pensar, tomar una decisión, aprender algo que necesitaba saber; mucho más tiempo se gastaba en hallar u obtener información que en digerirla". En aquella época, él no sabía gran cosa de tecnología de computadoras, pero ya empezaba a pensar en algo muy similar a la idea que se le había ocurrido a Engelbart. Tal vez en parte de la carga mecánica que significaba barajar información, y que parecía haberse convertido en una parte tan grande del trabajo científico, podía desplazarse a computadoras diseñadas especialmente a tal efecto. Por cierto, en aquella época no había computadoras que sirvieran a este fin. Pero las posibilidades de las computadoras, aunque no fuera su uso, estaban cambiando más rápidamente de lo que cualquiera pudiera esperar.

En aquel entonces, las computadoras se usaban para realizar enormes cálculos, requeridos entonces por la física nuclear, que aún ahora se conocen

bajo el nombre de "trituración de números". Tampoco el otro uso de las computadoras, el procesamiento de datos, era lo que Licklider o Engelbart necesitaban. Si usted fuera a la Oficina de Censos desbordando información sobre cientos de millones de personas, y deseara por algún motivo averiguar cuántos divorciados mayores de sesenta años viven en granjas, podría usar una UNIVAC para hacer la selección y el cálculo necesarios que le dieran los resultados requeridos. Eso era el procesamiento de datos.

El procesamiento de datos implicaba coerción sobre lo que podía hacerse con las computadoras y coerción sobre cómo proceder para hacerlo. Un proceso conocido como "procesamiento batch" era la forma adecuada de manejarse con listas de sueldos, cálculos científicos o datos de censos. Si usted tenía un problema para resolver, el primer paso que debía dar era codificar su problema y los datos que el programa iba a manipular, en uno de los dos principales lenguajes de máquina, por lo general, FORTRAN o COBOL. El programa codificado y los datos se convertían en cajas llenas de tarjetas perforadas: los dispositivos de entrada, que llegaron a ser conocidos universalmente como "tarjetas IBM", no se debían pinchar, doblar ni dañar. Luego usted entregaba las tarjetas a un "centro de cómputo" administrador del sistema, o "un centro de procesamiento de datos" asociado. Ese especialista —sacerdote supremo que mediaba entre los usuarios y la computadora, "mainframe" alojada en su santuario de aire acondicionado— era el único autorizado a someter el programa a la máquina y la persona de quien usted recuperaría sus impresos de salida horas o días más tarde. Si su programa tenía un error, que podía ser tan trivial como un signo de puntuación mal colocado, usted tenía que pasar por todo el proceso nuevamente.

Si deseaba transformar una lista de números generados por ecuaciones aerodinámicas en un modelo gráfico de corrientes de aire sobre un ala, usted no querría procesamiento de datos o de batch. Usted desearía *modelar*, un nuevo uso exótico de las computadoras que estaban promoviendo en aquel entonces los proyectistas de aviones. Hoy en día, el campo de la visualización científica es un descendiente muy evolucionado de aquellos primeros sistemas de modelación aerodinámica. Licklider había empezado a buscar un sistema mecánico de archivo que le ayudara con su construcción de modelos científicos. Poco después de haber empezado a revisar la tecnología disponible, se preguntó si las computadoras podrían ayudarle a formular modelos así como a calcularlos, ayudarle a pensar en el significado de los datos, así como a seguirles la pista. Cuando adquirió cierta firmeza, ese mismo año, Licklider decidió ingresar en una firma consultora cerca de Cambridge, Bolt, Beranek & Newman (BB&N). Ellos le ofrecieron la oportunidad de proseguir sus investigaciones psicoacústicas y la ocasión de aprender sobre computadoras digitales.

—BB&N tenían la primera máquina que hizo la Digital Equipment Company, la PDP-1 —recordó Licklider, cuando hablé con él en 1983.

La máquina de un cuarto de millón de dólares fue la primera de una línea continuada de lo que vino a llamarse, al estilo de los años 60, "minicompu-

tadoras". En lugar de costar millones de dólares y ocupar una gran sala, esas nuevas computadoras sólo costaban cientos o miles de dólares y ocupaban el mismo espacio que un refrigerador. En lugar de programar con cajas de tarjetas perforadas durante días, se pudo introducir los programas y los datos en la máquina mediante cintas de papel de alta velocidad. Por primera vez, los programadores pudieron operar directamente con la máquina y para los programadores acérrimos de esa época, era el gusto de una fruta prohibida. La PDP-1 era primitiva en comparación con las computadoras de hoy, pero era un progreso para la época. Ahí estaba el candidato para el constructor de modelos que Licklider había concebido, y el instrumento de tiempo real que los programadores entusiastas estaban impacientes por arrebatar de las garras celosas de los supremos sacerdotes y colocar en sus propios escritorios.

Como lo había sospechado, Licklider descubrió que era posible en verdad usar computadoras para ayudarse a construir modelos a partir de datos experimentales y a dar sentido a cualquier colección complicada de información. Aunque estaba convencido por su "conversión religiosa" de la computación interactiva —una frase que daba vueltas y vueltas cuando yo hablaba con otros que participaron en los sucesos que siguieron—, Licklider no sabía todavía bastante acerca de los costos de la tecnología de las computadoras para darse cuenta de que los ordenadores personales quizás existirían algún día. Pero captó la esencia de la cuestión: los humanos y las computadoras trabajarían juntos de maneras distintas si se inventaba la forma correcta de la interfaz humana.

Arriba en el edificio 26 en el MIT, los primeros investigadores en inteligencia artificial estaban en plena tarea trabajando en tecnología de computadoras que pudiera remplazar algún día a los humanos como únicos seres pensantes en el planeta. Nadie sabía cuánto tiempo les llevaría. En el ínterin, que podría durar décadas o siglos, Licklider vio la posibilidad de un arreglo cooperativo entre la materia humana y el hardware y el software de la computadora. Propuso una metáfora biológica para describir el desarrollo que él vislumbraba, citando la sociedad simbiótica de los organismos que trabajan juntos para proporcionar grandes ventajas mutuas. En 1960, Licklider escribió *Man-Computer Symbiosis*, donde predijo que en pocos años más, los cerebros humanos y las computadoras se ensamblarían muy estrechamente, y que la sociedad resultante pensaría como ningún ser humano ha pensado jamás y procesaría datos de una manera no encarada por ninguna máquina informática que conozcamos hoy.

Los diseñadores de computadoras proyectaron en los años 60 y 70 dispositivos mediante los cuales los cerebros y las computadoras podían "ensamblarse muy estrechamente", echando así las bases para futuros desarrollos en la tecnología de la RV. En verdad, la RV podría describirse como un ambiente en el cual el cerebro está acoplado tan estrechamente con la computadora que el usuario de la máquina parece moverse en el mundo creado por ésta de la misma manera en que la gente se mueve en el ambiente natural.

Afortunadamente para su sueño de un futuro muy similar al que vislumbraba Engelbart, Licklider estaba relacionado con una fuerza que podía dar realidad a su sueño: el complejo militar industrial. Si la necesidad es la madre de la invención, debemos agregar que el Departamento de Defensa es el padre de la tecnología; desde la primera computadora electrónica digital del ejército en los años 40, hasta las investigaciones de la Fuerza Aérea sobre los displays de cabeza en los años 80, los militares de Estados Unidos fueron los primeros en contratar las innovaciones más significativas en tecnología de computadoras. A fines de los años 50 y principios de los 60 se invitó a algunos de los mejores cerebros del MIT para que colaboraran en la construcción de sistemas de defensa terrestre computerizados para protegerlos contra un ataque nuclear —SAGE (Semi-Automatic Ground Environment)—. Un organismo de absoluta reserva, asociado con el MIT, el laboratorio Lincoln en Lexington, Massachusetts, empleó a Licklider y a otros para trabajar en el aspecto de los "factores humanos" de la nueva red de radar computerizada.

Entre los problemas más espinosos que se presentaron en este proyecto estaba el de idear métodos para que grandes cantidades de información estén disponibles en una forma tal que los humanos la reconozcan con la rapidez suficiente para tomar prontas decisiones. No serviría en modo alguno que computadoras y operadores inviertan tres días para evaluar todos los datos de radar antes de que el Comando de la Defensa Aérea decidiera si había o no un ataque aéreo.

Algunas de las respuestas a estos problemas fueron formuladas en el proyecto Whirlwind en el centro de cómputos del MIT, donde se combinaban cálculos de gran velocidad con controles de computadora que semejaban controles de avión e incluso un display gráfico primitivo. Los procesos aerodinámicos descritos en la pantalla eran computados y exhibidos a la misma velocidad a la que se desarrollaban naturalmente, en "tiempo real", como se ha dado en llamar desde entonces en la jerga de las computadoras. El Whirlwind fue uno de los ancestros directos tanto en el campo de la simulación como en el de la gráfica computada, y fue así un predecesor clave de las tecnologías de la realidad virtual. Los operadores de SAGE y de Whirlwind fueron los primeros usuarios de computadoras que pudieron ver información sobre las pantallas de display visual; además, los operadores de SAGE podían usar dispositivos llamados lightpens[1] para alterar los displays gráficos tocando las pantallas. El tema de las pantallas de display empezó a desviarse de la electrónica para incursionar en el campo de la percepción humana, lo que dio pie a Licklider para unirse a los constructores de computadoras. Un historiador futuro tal vez vea ese punto de inflexión, ese momento en que alguien que realmente conocía cómo funcionaba la mente humana se convirtió en un arquitecto de las computadoras.

Por su trabajo en SAGE, Licklider conocía a Jack Ruina, director de la

1. "Lápices ópticos". *(N. del T.)*

ARPA, quien deseaba tratar por computadora el comando militar y los sistemas de control en todos los niveles, no sólo los sistemas de defensa aérea, y quería instalar una oficina especial en ARPA para desarrollar nuevas técnicas de procesamiento de información. La idea de Licklider de crear una computadora capaz de interactuar directamente con operadores humanos mediante teclados y pantallas de display convenció a Ruina de que la desaforada minoría de investigadores de computación que Licklider parecía conocer podía conducir precisamente a un adelanto importante.

Era precisamente la clase de adelanto que ARPA estaba destinada a sostener, y el plan de Licklider era claramente aplicable más allá de los fines militares. "Convencí a Jack Ruina de la pertinencia de la computación interactiva no sólo para los mandos y controles militares, sino para todo el campo de los negocios cotidianos", recordó Licklider cuando él y yo comentamos esa historia, veinte años más tarde. En octubre de 1962, Licklider llegó a ser director de la IPTO (Información Processing Techniques Office). Ese hecho particular marcó el principio de la era de la computación personal, y preparó el escenario para la tecnología de la realidad virtual en más de una manera.

Las computadoras, los dispositivos de entrada y los de presentación requeridos por los sistemas del ciberespacio surgieron directamente de la tecnología sostenida por la IPTO en los años 60. En particular, Ivan Sutherland, uno de los jóvenes entusiastas que Licklider encontró en el Laboratorio Lincoln, creó casi sin la ayuda de nadie el campo del grafismo computerizado interactivo. Sutherland también sucedió a Licklider como director de la IPTO. En 1965, Sutherland creó el primer display de cabeza. Licklider, Sutherland y Engelbart, por una combinación de visión e ingenio, desviaron el curso de la tecnología computacional hacia las interfaces de computadora centradas en el hombre; cada no de ellos delegó parte del desafío a futuros diseñadores de RV, y confeccionó las primeras herramientas para edificar las tecnologías habilitantes de los simuladores personales, un cuarto de siglo más tarde.

A Licklider no se le dio un laboratorio: trabajaba más bien con una oficina, un presupuesto y la consigna de elevar el nivel de la informática. Licklider buscó empresas que se iniciaban, recurrió a jóvenes programadores entusiastas, entre los cuales algunos habían abandonado los estudios, en el MIT, la Universidad de California, la Rand Corporation, la Universidad de Utah y una docena de diferentes grupos de investigación en el país. Uno de los integrantes del grupo de Licklider, convertido a la cruzada de la computación interactiva, era un joven administrador de investigaciones de la NASA llamado Bob Taylor. Taylor había sostenido parte del trabajo teórico de otro joven de ideas locas: Douglas Engelbart. Después de trabajar durante años en la oscuridad, Engelbart fue visitado en 1964 por un grupo de patrocinadores de la ARPA, quienes le prometieron un moderno equipo de computadora y un millón de dólares por año para crear las computadoras amplificadoras de la mente que él había descrito en sus artículos durante años.

Desde el ARC hasta el PARC: el nacimiento del ordenador personal

"En esta etapa, los símbolos con los cuales el ser humano representa los conceptos que maneja pueden ser ordenados ante sus ojos, movidos, almacenados, recuperados y se puede operar con ellos de acuerdo con reglas extremadamente complejas —todo eso con una muy rápida reacción a una cantidad mínima de información proporcionada por el hombre— mediante dispositivos tecnológicos cooperativos especiales. En el límite de lo que podríamos imaginarnos ahora, se trataría de una computadora —con la cual los individuos podrían comunicarse con rapidez y facilidad— acoplada a un display en color tridimensional, en el cual se construirían imágenes extremadamente refinadas, *pudiendo la computadora ejecutar una gran variedad de procesos en partes de esas imágenes o en todas ellas, como respuesta automática a una instrucción humana. Los displays y procesos proporcionarían servicios útiles y crearían conceptos no imaginados hasta ahora (por ejemplo, el pensador pregráfico habría sido incapaz de predecir el gráfico de barras, o el proceso de la división o un sistema de archivos)."*

D. ENGELBART
A Conceptual Framework for Augmenting Man's Intellect, 1963

"La evolución del ordenador personal ha seguido un camino similar al del libro impreso, pero duró 40 años en lugar de 600. Como los libros hechos a mano en la Edad Media, las abultadas computadoras construidas en las dos décadas anteriores a 1960 eran escasas, costosas y estaban al alcance de unos pocos. Así como la invención de la imprenta condujo al uso comunitario de libros encadenados en una biblioteca, la introducción del tiempo compartido en los años 60 repartió la capacidad de las costosas computadoras a fin de disminuir el costo de acceso a ellas y facilitó su uso colectivo. Y así como la Revolución Industrial hizo posible el libro personal proporcionando papel económico e impresión y encuadernación mecanizadas, la revolución microelectrónica de los años 70 traería el ordenador personal de los años 80, con almacenamiento y velocidad suficientes para soportar lenguajes de computadora de alto nivel y displays gráficos interactivos."

ALAN KAY
Microelectronics and the Personal Computer, 1977

Cuando los representantes de la ARPA fueron a visitarlo, Engelbart tenía preparado para ellos su marco conceptual largamente contemplado, junto con un plan completo para un laboratorio diseñado para insertar la tecnología computacional en un dominio enteramente nuevo. Su equipo de investigadores construiría herramientas de interacción —refinados hardware de entrada y salida, nuevos software de comunicación, redactores de texto adelantados, sistemas gráficos— y luego usarían esas herramientas para construir otras aún mejores, insertando así las computadoras de la edad del gabinete en computadoras interactivas de la edad de la aumentación. Engelbart decidió llamar a su laboratorio Augmentation Research Center (ARC). A propósito eligió la palabra "aumentación" por contraste con "automatización", la palabra más usada para describir la aplicación de las computadoras al trabajo humano. La automatización implica el uso de las computadoras para reemplazar la labor humana. Aumentación significa amplificar el poder de la labor intelectual quitando las barreras de bajo nivel para promover el pensamiento de alto nivel.

En 1963, Engelbart propuso un dispositivo de escritura computerizado como ejemplo de la amplificación intelectual que él quería crear. Más de una década antes de que los primeros procesadores de palabras fueran económicamente viables, él dijo en su artículo "A Conceptual Framework for Augmenting Man's Intellect" que, usando una computadora y una pantalla de video para componer documentos, sería posible optimizar todo el proceso de la composición escrita: "Esa hipotética máquina de escribir permite así usar un nuevo proceso para componer textos... Si el embrollo de pensamientos que representa el borrador se vuelve demasiado complejo, usted puede compilar reordenando rápidamente el borrador. Sería práctico para usted usar más complejidad en los rastros del pensamiento que construya al buscar el camino que convenga a sus necesidades... Lo que importa apreciar aquí es que una nueva innovación directa en una capacidad particular puede tener efectos de largo alcance a través del resto de las jerarquías de aptitudes". Ese ejemplo resultó precisamente profético, pero muy adelantado con respecto a las tecnologías habilitantes que lo harían viable: al principio, los investigadores de ARC usaron consolas que parecían enormes pantallas redondas que recibían señales de grandes cámaras de video apuntando a pantallas de display en forma de radar.

El procesamiento de palabras fue sólo una de las invenciones que fluyó del ARC durante los doce años de su existencia en SRI. El dispositivo de señalamiento "ratón", omnipresente ahora en toda clase de ordenadores personales, fue inventado en los años 60, aunque no estuvo disponible en el comercio hasta 1980. El "hipertexto", que permitía a los lectores saltar de un documento a otro, señalando determinados puntos en la pantalla, múltiples "ventanas" de texto en las pantallas del display, conferencias de computadora que permitían a diferentes usuarios compartir un sistema de comunicación escrito, "procesamiento de los contornos" que daba la posibilidad a los usuarios de comprimir o expandir las múltiples vistas de un documento, el uso de imágenes de video junto con gráficos de computadora para llevar información, el uso de tex-

to e información gráfica en el mismo documento —la mayor parte de las características clave que definen la computación personal en la forma en que existe ahora—, todas fueron inventadas en el ARC.

El empleo del ratón como elemento indicado señaló un adelanto concreto en la interfaz hombre-computadora, que avanzó directamente hacia el centro de la RV: entrada tridimensional del gesto como lenguaje de mando. En lugar de especificar un documento o un programa tecleando en un código misterioso de instrucciones, se hizo posible establecer una interacción con una computadora usando un gesto natural; cuando el usuario mueve el ratón en el escritorio junto al teclado, un cursor se mueve en forma análoga sobre la pantalla. Se hizo posible emitir órdenes "señalando y chasqueando". En las realidades virtuales del futuro, la entrada por gestos usando guantes y sensores "inalámbricos" podría continuar esa línea de desarrollo hasta su conclusión natural, que implicaría habilitar a las personas a usar su dispositivo indicador más común: sus dedos. Veinte años después que lo predijera Engelbart, el empleo de entrada por gestos se asoció con los modelos gráficos tridimensionales que él previó en 1962.

En 1968, Engelbart y su equipo decidieron demostrar sus métodos radicalmente nuevos para operar computadoras ante una importante reunión de clanes de especialistas, conocida con el nombre de Fall Joint Computer Conference. Resultó ser un acontecimiento fundamental en la historia de la computación. Sentado en el estrado, con un teclado, una pantalla, un ratón y un dispositivo de auriculares y micrófono que suelen usar los pilotos y los operadores de teléfonos, Engelbart orquestó una demostración de cómo se navega por el espacio de la información como Vannevar Bush lo había imaginado en 1945. Como verdadero infonauta, Engelbart captó la atención de su auditorio y lo sumergió directamente en una versión en funcionamiento del sistema de aumentación con el que había soñado desde aquel día de 1950. Extrajo documentos de la memoria de la computadora y los exhibió en la gran pantalla al frente del auditorio, redujo los documentos a una serie de encabezamientos descriptivos de una línea, hizo chasquear el botón de su ratón y expandió un titular para revelar un documento, tecleó una orden y convocó una imagen de video y un gráfico de computadora en la pantalla. Tecleó palabras, las suprimió, cortó y trasladó parágrafos y documentos de un sitio a otro. Las convenciones sobre computadoras pueden ser pesadas aún para la mayoría de los que asisten, pero la Fall Joint Computer Conference de 1968 fue electrizante para todos los asistentes. Los ingenieros, programadores y computadores científicos nunca habían visto algo similar. Era, como dicen los científicos, una "prueba de existencia" de los sueños de Engelbart y Licklider. Ahí estaba en funcionamiento el modelo del futuro de las computadoras.

Uno de los jóvenes genios de la computación en el auditorio era Alan Kay, miembro de la generación joven de la ARPA que había ayudado a crear la computación de tiempo compartido e interactiva. Kay llegó a ser uno de los arquitectos principales del ordenador personal, etapa evolucionada de la computación

interactiva. Era algo más que la siguiente optimización incrementada en las computadoras fáciles de usar. En 1990, Kay recordó el entusiasmo de la revolución del ordenador personal que se inició veinte años atrás, que afloró en la población no especializada hace diez años y que sólo ahora se está extendiendo entre el público en general; "El verdadero amanecer del diseño de la interfaz del usuario ocurrió por primera vez cuando los diseñadores de las computadoras se dieron cuenta por fin de que no sólo los usuarios tenían mentes que funcionaban, sino que una mejor comprensión de funcionamiento de esas mentes desplazaría completamente el paradigma de la interacción".

Una de las constantes contribuciones de Alan Kay fue su insistencia en hacer concordar los mundos de la psicología y el diseño de la interfaz de la computadora; estaba profundamente interesado en las teorías de Jean Piaget, Jerome Bruner y otros psicólogos que modelaban el proceso del aprendizaje sobre la idea de la *exploración*: nuestras mentes son científicas, nuestros sentidos son nuestros instrumentos; el mundo es nuestro experimento. La hipótesis común a esos psicólogos sostenía que descubrimos el mundo abriéndonos camino en él con nuestros sentidos, manipulándolo con nuestras manos, siguiéndole la pista con nuestros ojos y oídos. Kay y uno de sus mentores, Seymour Papert, del laboratorio de inteligencia artificial del MIT, asociaron con entusiasmo las ideas piagetianas con la tecnología de las computadoras. Ver a niños de seis años deleitándose con el lenguaje de computadora inventado por Papert y sus colegas era una de las "experiencias de conversión" en la carrera de Alan Kay.

Kay era un estudiante de ciencias de la computación en la universidad de Utah a fines de los años 60, cuando Ivan Sutherland y David Evans hicieron punta de lanza en la parte de grafismo computacional del plan ARPA. Kay había sido influenciado por Marshall McLuhan (quien lo influjo a pensar que la computadora era el medio más que una herramienta), por Papert (quien le demostró que los lenguajes de computadora pueden ser herramientas pensantes, que la comunicación gráfica es un medio poderoso de interacción hombre-computadora, y que los niños pueden y deben poder usar computadoras), y por Ivan Sutherland (cuya tesis, el código de computadora para Sketchpad, abrió la posibilidad a la computadora de ser un simulador interactivo). En 1970 era uno de los más brillantes entre los centenares de ex integrantes destacados de ARPA que emigraron al PARC (Palo Alto Research Center), un nuevo centro de investigaciones de cómputo que había construido la Xerox Corporation. Por una serie de razones, el impulso culminante de la revolución en el ordenador personal se desplazó a principios de los años 70 desde ARC y los otros centros de investigación de la ARPA a la nueva instalación de XEROX.

La enmienda de Mansfield, redacta en los momentos más críticos de la guerra de Vietnam, impidió el hecho que la ARPA invirtiera en cualquier investigación que no estuviera relacionada con las armas. Y la guerra tenían un efecto perturbador tanto en gerentes de investigación como en programadores, muchos de los cuales ya no se sentían cómodos trabajando bajo el manto

del Departamento de Defensa. El éxodo de las mejores y más brillantes luminarias de la investigación auspiciada por Defensa, a principios de los años 70, fue tal vez la fuerza motriz unitaria más importante, después de la revolución del ordenador personal. Un cambio similar de las aplicaciones tecnológicas militares o civiles parece estar produciéndose otra vez a principios de los años 90, hecho que podría obrar nuevamente como fuerza motriz para la etapa evolutiva siguiente de la informática.

Bob Taylor, el joven gerente de investigación de la NASA, quien había "descubierto" a Engelbart, sucedió a Licklider y a Sutherland como director de IPTO. En el período de la enmienda de Mansfield, se mudó al PARC y se puso a reunir a los mejores investigadores que habían trabajado en los programas de computación diseminados de ARPA. Los investigadores del PARC eran lo mejor entre los jóvenes y legendarios programadores que transformaron en un éxito la revolución computacional interactiva de ARPA. Los investigadores del núcleo central del PARC se había conocido en las reuniones de ARPA y mediante la red de ARPA, la red de comunicación que crearon; ahora estaban reunidos en un laboratorio de ensueño, bien equipado e instalado en Coyote Hill con una hermosa vista sobre Palo Alto. Estaban dirigidos por sus antiguos líderes del equipo de ARPA, les habían dado fondos generosos y la consigna de crear "la arquitectura de la información para el futuro", como la llamaba el presidente de XEROX.

El PARC fue en verdad una de las brillantes historias de éxito de la previsión tecnológica, pues los investigadores de PARC tomaron las innovaciones de Engelbart, les añadieron las suyas y construyeron sus propios prototipos con las tecnologías habilitantes cada vez más poderosas que se volvían accesibles a principios de los 70. Otros equipos de infonautas, de otras partes, que produjeron los microcircuitos y las pantallas de display que usaban los investigadores del PARC, contribuyeron con los bloques constructivos para los ordenadores personales.

Las tecnologías habilitantes daban saltos impresionantes a la par que la revolución de la computación interactiva se manifestaba con pleno éxito. Las computadoras estaban diseñadas en ARC para extender las capacidades intelectuales, pero no era posible en los años 60 construir una computadora lo suficientemente económica como para destinarla al uso de una sola persona, hasta que la miniaturización aceleró su marcha para el *boom* de la navegación aeroespacial. A principios de los años 70, los proyectistas del PARC, muchos de los cuales eran veteranos del laboratorio de Engelbart, construyeron el primer ordenador personal, conocido bajo el nombre de Alto, que yo iba a probar una década más tarde. El equipo de Alan Kay se adelantó para crear una nueva interfaz con las nuevas tecnologías habilitantes. Y la idea de la red ARPA era un estímulo para crear la primera "red de área local", denominada poéticamente Ethernet, prima menor y nodo vecino de alta velocidad de la red de redes, conocida como Worldnet, que está sufriendo mutación hacia la infraestructura de la Matriz de Gibson. En los años 70 el PARC se convirtió en una

utopía para la creciente legión de infonautas que se habían incorporado a la búsqueda de herramientas par el pensamiento asistido por computadoras. A principios de los 80, entrevisté a varios de los veteranos del PARC que habían intervenido en el diseño de la interfaz de Alto, y ellos recordaron que el uso de gráficos para mediar entre la mente humana y la computadora estaba en el corazón de su filosofía de diseño.

Los constructores de computadoras del PARC tenían algo de lo que el equipo anterior de ARC carecía, una nueva tecnología conocida bajo el nombre de "grafismo de mapas en bits". Cada elemento gráfico en la pantalla está representado por un bit específico en la memoria de la computadora; de esta forma, la memoria de la computadora contiene un "mapa de bits" que corresponde al modelo de pixels en la pantalla. La comunicación entre bit y pixel va por dos vías: se pueden pulsar los bits en la computadora y observar cómo saltan los pixels en la pantalla, y se puede tocar los pixels en la pantalla con un elemento indicador y observar cómo salta la computadora. Pantallas "mapeadas" por bits fueron la tecnología habilitante para una relación hombre-computadora que Ivan Sutherland había adelantado en la otra costa de Estados Unidos, una década antes del PARC. Presionar un rato y hacer que la computadora haga trucos con un rayo de electrones y una pantalla fosforescente fue el primer paso importante hacia los mundos virtuales, donde la pantalla está en todas partes y los gestos, la mirada y la voz sustituyen el chasquido del ratón.

La interfaz de la manipulación directa, iniciada por Engelbart y desarrollada en el PARC, era conocida en las alturas enrarecidas de la ciencia de la computación durante años, pero la idea no fue liberada al mundo hasta que alguien le hizo dar una vuelta por el PARC a Steve Jobs, de Apple Computer. Jobs y una generación aún más joven de genios tomaron la tecnología creada por los mejores y más brillantes de la década anterior, diseñaron una nueva versión para generaciones aún más nuevas de tecnologías habilitantes e incorporaron amplificadores de la mente en un artefacto: la primera computadora que resultó cómoda para la gente para llevarla a sus hogares u oficinas. En 1984, la computadora Apple Macintosh llevó la interfaz gráfica a millones de personas. Las interfaces gráficas, interactivas, empezaron a difundirse entre la población, porque la mayoría prefiere tener interacción con las computadoras de esa manera. Hacia 1990, incluso los ordenadores personales rivales de IBM habían adoptado interfaces de "apunte y presione".

Las posibilidades de una gráfica computacional interactiva, el arte de transformar bits y pixels en herramientas visuales de pensamiento, fue demostrado espectacularmente en un golpe técnico maestro por Ivan Sutherland, un graduado de veintitantos años a principios de los años 60. Hizo falta otra década de trabajo con las nuevas tecnologías habilitantes y las herramientas que éstas hicieron posibles a fin de que los computadores científicos construyeran Altos y Ethernets, y otra década más para brindar a los estudiantes de los primeros años una Macintosh. La gráfica computacional interactiva fue una de las tecnologías habilitantes más importantes que hicieron posibles los ordenadores personales.

La creación de herramientas para interactuar con el grafismo computacional fue también el principio del viaje hacia el grafismo tridimensional y las máquinas de la realidad. Si la periodicidad estimada en diez años es cierta, los millones de entusiastas de ordenadores personales estarán de aquí a una década en una interacción directa con mundos virtuales mediante sus máquinas de la realidad de escritorio.

La relación humana con las imágenes en las pantallas, un eco de la edad electrónica de las pinturas rupestres de Lascaux y de las iniciaciones eleusinas, es un tema central en la historia del ciberespacio. Vale la pena retroceder en este momento algunas décadas, centrando la atención en la aparición del poder de las computadoras en las pantallas.

Sketchpad: "El programa de computación más importante jamás escrito"

"Muy a propósito, la primera gran interfaz de conversación hombre-computadora fue también la primera de manipulación directa. El Sketchpad de Ivan Sutherland capacitó a un usuario y a una computadora para 'conversar rápidamente mediante el trazado de líneas'. Ese estilo de interacción fue al principio gráfico, aunque presentaba algunos rasgos de la conversación humana. Un humano conversaba con Sketchpad apuntando. El sistema respondía enseguida actualizando el dibujo, de modo que la relación entre la acción del usuario y la representación gráfica era clara. En efecto, dado que la reacción era tan oportuna y relevante, podía considerársela análoga a canales posteriores o habla secundaria en la comunicación entre humanos."

SUSAN BRENNAN
Conversación como manipulación directa, 1990

La invención de computadoras de tiempo compartido en los años 60 no solamente permitió a muchos usar la misma computadora central intercambiando comandos y resultados por interacción con la computadora, sino que proporcionó un canal de comunicación entre humanos y humanos; en los primeros sistemas de tiempo compartido, los hombres construyeron sistemas de correo electrónico para enviarse mensajes mutuamente. A medida que evolucionaban los sistemas de tiempo compartido, lo hacían también los correos. Finalmente, lo que nos enviaremos mutuamente por las líneas de telecomunicación no será sólo texto, sino que incluirá voz, imágenes, gestos, expresiones faciales, objetos virtuales, arquitecturas cibernéticas: todo lo que contribuya a dar una sensación de presencia.

Nos enviaremos mundos y el modo de estar en ellos. El advenimiento de la informática interactiva y el correo electrónico a fines de los años 60 fue un doble hito en la confección de la Matrix, la red de redes donde evolucionará el futuro ciberespacio. Esa serie de adelantos puede considerarse ahora como una supresión de una serie de obstáculos que esperaban el poder cognitivo humano del poder computacional electrónico.

Un gran obstáculo para el acceso directo a las computadoras a principios de los años 60 era la forma en que estaban dispuestas para presentar información a los operadores humanos. Aunque Engelbart había soñado con la información gráfica a principios de los años 50, hubo que pasar la guerra fría y la carrera espacial para impulsar el desarrollo del grafismo computacional interactivo. El Whirlwind y el "grupo de presentación" en el Lincoln Laboratory, que construyeron los displays de información para SAGE, han demostrado las posibilidades de usar la tecnología del tubo de rayos catódicos (CRT) similar a la utilizada para las pantallas de televisión, en lugar de las impresoras de teletipo. El lápiz óptico surgió del proyecto, una herramienta simple pero revolucionaria que posibilita al operador manipular la computadora tocando la pantalla del display con un dispositivo semejante a un lápiz. Los investigadores del laboratorio Lincoln tenían, a principios de los 60, la computadora más avanzada de esa época, la TX-2, la primera basada en transistores en lugar de válvulas de vacío como elementos conmutadores. Una mentalidad adecuada ingresó en esa situación y abrió la posibilidad de la realidad virtual, entre otras cosas.

En 1983, Licklider y yo conversábamos acerca del día que él seguía recordando vivamente, dos décadas más tarde, cuando el grafismo computacional surgió como una disciplina aparte. Los veteranos del grupo de presentación en el laboratorio Lincoln y otros investigadores de ARPA, en la universidad de Utah, empezaban a trabajar intensivamente en el problema de los dispositivos de display basados en CRT. En la primera reunión sobre el tema del grafismo computacional interactivo, se presentó y se discutió la primera onda de investigación preliminar para planificar el ataque al principal problema de sacar la información desde el interior de las nuevas computadoras a la superficie de diversas clases de pantallas. A fin de conectar los bits y los pixels de una manera funcional, había que diseñar un hardware especial para llevar la información desde la computadora a la pantalla; más difícil era el problema de crear un software que habilitara a las personas a usar los valores de bits para controlar la apariencia de los pixels. Ivan Sutherland resolvió los problemas más engorrosos con un solo programa. Lo llamó Sketchpad y todas la personas a quienes he conocido y que estaban involucradas en la revolución de la computación personal hablan de su primer encuentro con el programa en términos de "experiencia de la conversión", familiares hoy en día.

Sketchpad era Lascaux, treinta mil años más tarde; en lugar de pigmentos sobre las paredes de la gruta de piedra caliza, Sutherland usó electrones y fosforescentes en la superficie de una botella de vidrio. La pintura rupestre

y la primera gráfica computacional interactiva eran ambas intentos de influenciar la conciencia del espectador, como un medio de impartir una información cultural importante. Todavía existe una película en blanco y negro sobre Sketchpad, de no más de diez minutos de duración. Se ve a Sutherland mostrando las habilidades gráficas de su programa en una pequeña pantalla fosforescente en un cuarto a oscuras, recordándome de muchas maneras sus antecedentes con sus espectáculos de luz subterráneos.

—Sutherland era un licenciado en aquel entonces —recordaba Licklider— y no se le había pedido que presentara un informe.

Se lo invitó a la reunión, sin embargo, por varias razones: Sutherland hacía sus estudios de doctorado con Claude Shannon, quien inventó la teoría de la información. Claude Shannon no patrocinaba graduados comunes. Sutherland estaba creando un programa de grafismo como parte de su investigación de doctorado. Y se decía que era precisamente la clase de prodigio que ARPA estaba buscando.

—Hacia el final de una de las últimas sesiones —contaba Licklider—, Sutherland se levantó y formuló una pregunta a uno de los oradores.

Era el tipo de pregunta que indicaba que este joven desconocido quizá tuviera algo interesante que decir a esta asamblea todopoderosa. De modo que Licklider hizo lo necesario para que él hablara al grupo al día siguiente:

—Por supuesto trajo algunas diapositivas, y cuando las vimos, todos en la sala reconocieron que su trabajo era mucho mejor que los descritos en las sesiones formales.

El proyecto de tesis de Sutherland, un programa desarrollado en la TX-2 de Lincoln demostró un método innovador de manejar la gráfica computacional, y una nueva manera de dirigir las operaciones de las computadoras. Sketchpad puso en evidencia, ante los expertos reunidos, que Sutherland había dado un salto por encima de las investigaciones de éstos, para crear algo que hasta los más ambiciosos entre ellos no se habían atrevido a conjeturar.

El Sketchpad posibilitaba a un operador usar la computadora para crear modelos visuales complejos sobre una pantalla de display que semejaba un televisor. Los patrones visuales podían ser almacenados en la memoria de la computadora como cualquier otro dato, y ser manipulados por el procesador de la misma. Las personas podían crear imágenes del modo más natural posible, usando las manos, los ojos y un dispositivo semejante a una pluma para *dibujarlas*. En cierto modo, era una respuesta espectacular a la búsqueda de Licklider de un rápido constructor de modelos. Pero Sketchpad era mucho más que una herramienta para crear displays visuales. Era una especie de lenguaje de simulación que habilitaba a las computadoras para traducir abstracciones en formas perceptivamente concretas. Y Sketchpad era un modelo poderoso de una técnica totalmente nueva para operar computadoras; cambiando algo en la pantalla del display, era posible cambiar algo en la memoria de la computadora. Todavía no era un mapa de bits, pero Ivan había descubierto una manera de usar la TX-2, una pantalla de display de rayos catódicos, y el "lápiz" (to-

dos elementos desarrollados por otros) para dar órdenes a la computadora dibujando en la pantalla.

Hasta los semidioses de la programación (programadores que estaban acostumbrados "a tocar el relámpago con ambas manos", según las palabras de Alan Kay) se impresionaron. "Si yo hubiera sabido cuán arduo fue hacerlo, probablemente no lo habría hecho", recuerda Alan Kay la observación de Sutherland sobre su programa, legendario ahora. Con una pluma, un teclado, una pantalla de display y un programa Sketchpad funcionando en computadoras de tiempo real, relativamente primitivas, disponibles en 1962, cualquiera podía ver por sí mismo que las computadoras podían usarse para algo más que para el procesamiento de datos. Y en el caso de Sketchpad, ver era en verdad creer. La magia del avance es evidente para cualquiera que observe cómo usar un operador diestro. El campo del diseño asistido por computadora, conocido ahora como CAD, surgió de esa tesis de doctorado y es uno de los motores industriales más poderosos para el desarrollo de la RV en los años 90.

Casi treinta años atrás, los mismos visionarios y brujos que habían previsto y creado los prototipos de una nueva clase de computación adquirieron influencia en la dirección de las investigaciones futuras. Sutherland, a la edad de veintiséis años, fue recomendado por Licklider para sucederle como director de la IPTO en 1964; cuando Sutherland volvió a Cambridge para construir un display de cabeza al año siguiente, recomendó a Robert Taylor, también veinteañero, para que fuera director de la IPTO. El cargo fue transmitido de un fiel creyente en la campaña de computación interactiva a otro fiel creyente, durante años. Era una especie de red de camaradería que no estaba ligada por un vínculo de clase social o fraternidad estudiantil, sino por la fe en una visión específica del futuro de la relación hombre-computadora.

Alan Kay fue fuertemente influenciado por Sketchpad. Cuando Kay llegó a la universidad de Utah en 1966, la primera tarea que le dio su consejero de investigación fue la de estudiar el código de programación de Sketchpad. Ver el parto del ingenio de Sutherland en acción fue una de las experiencias de conversión de Kay.

Todavía estaba entusiasmado, cuando me los describió, en 1983: "Sketchpad no era meramente una herramienta para dibujar cosas. Era un programa que obedecía a leyes que uno quería que se tomaran por ciertas. Para dibujar un cuadrado, se usaba el 'lápiz' para trazar una línea y se impartían unas pocas órdenes tales como copia-copia-copia, une-une-une. Ese ángulo es de 90°, esas cuatro cosas son iguales. Sketchpad tomaba la línea y las instrucciones y ¡zas! un cuadrado aparecía en la pantalla".

Otro profeta de la computación, que vio las implicaciones de Sketchpad y de otras maravillas esotéricas de la computación personal, era un individuo irreverente, no ortodoxo, transgresor llamado Ted Nelson, que ha tenido la costumbre inveterada de publicar por su cuenta comentarios peculiares, raros y muy precisos sobre el futuro de la computación. En *The Home Computer Revolution*, en 1977, Nelson dijo esto sobre el programa de avanzada de Su-

therland, en un capítulo titulado "El programa de computación más importante jamás escrito":

"Usted podría dibujar un cuadro en la pantalla con un lápiz y luego archivar el cuadro en la memoria de la computadora. Usted podría, por cierto, almacenar muchos cuadros de esa manera.

"Luego podría combinar los cuadros, sacando copias de la memoria y colocarlos unos entre otros.

"Por ejemplo, podría dibujar el cuadro de un conejo y el cuadro de un cohete, y luego colocar pequeños conejos sobre un gran cohete. O pequeños cohetes sobre un gran conejo.

"La pantalla sobre la cual aparecía el cuadro no mostraba necesariamente todos los detalles; lo importante era que los detalles estaban en la computadora; si agrandaba el cuadro lo bastante, esos detalles aparecerían a la vista.

"Usted podría ampliar y reducir el cuadro hasta un grado espectacular.

"Podría llenar el cuadro del cohete con cuadros de conejos, luego reducir eso hasta que sólo quedara visible un diminuto cohete; luego podría hacer copias de eso y motearlas sobre una gran copia de un cuadro del conejo. Así, cuando expandiera el conejo grande hasta que se viera sólo una pequeña parte (así fuera del tamaño de una casa, si la pantalla fuera lo suficientemente grande), entonces los cohetes, del tamaño de un pie en la pantalla, tendrían, cada uno, conejos del tamaño de una moneda.

"Por último, si usted cambiara el cuadro maestro —colocando, por ejemplo, una tercera oreja al conejo grande— todas las copias cambiarían en concordancia.

"Resulta así que Sketchpad le deja probar las cosas, antes de tomar una decisión. En lugar de hacer que usted coloque una línea de una manera particular, estaba programado de modo que usted probara una serie de posiciones y arreglos diferentes, con la comodidad de mover recortes sobre una mesa.

"Daba lugar a la incertidumbre humana y al juicio. En lugar de obligar al usuario a dividir las cosas en categorías marcadas o exigir que los datos sean precisos desde el principio —todas esas restricciones rígidas que según dicen 'requiere la computadora'— dejaba que las cosas se deslizaran hasta satisfacerlo. Usted podía volver a arreglar las cosas hasta obtener lo que deseaba, cualquiera que fuera el motivo para hacerlo.

"Ha habido 'lápices ópticos' y pantallas gráficas de computadoras antes, empleadas en el campo militar, pero Sketchpad hizo historia por sus simplicidad —una simplicidad, debemos agregar, que fue deliberadamente elaborada por un intelecto ingenioso— y por su falta de compromiso con cualquier campo particular. En verdad, carecía de las complicaciones provocadas por el quehacer de la gente. Era, para abreviar, un programa inocente, que demostraba cuán sencillo podía ser el trabajo humano si se creaba una computadora que fuera realmente útil."

Como está descrito aquí, no parece muy útil, y ése ha sido en parte el problema. Sketchpad fue un programa muy imaginativo, novedoso, en el cual Sutherland inventó una cantidad de nuevas técnicas; y hacen falta personas imaginativas para interpretarlo.

Admitamos que los conejos y los cohetes son un ejemplo frívolo, sólo adecuado para una reunión de ciencia ficción para Pascua. Pero hay muchas otras aplicaciones que resultan evidentes: sería muy útil para anteproyectos, o diagramas electrónicos, todos los otros campos en que hacen falta grandes y precisos dibujos de planos. No es que los dibujos de conejos o hasta de transistores signifiquen tanto, pero se trata de mostrar que una nueva manera de trabajar y ver es posible.

Las técnicas de la pantalla de una computadora son generales y aplicables a *todo*, pero solamente si usted puede adaptar su mente a pensar en términos de pantallas de computadoras.

En 1989, veintisiete años después del estreno de Sketchpad, yo asistí a la convención anual de la Association for Computing Machinery (al Grupo de Interés Especial por la Gráfica) en el Boston's Foley Convention Center. Yo era una de las sesenta mil personas que erraban aturdidas durante cuatro días, por los tres enormes pisos de la convención, llenos de dispositivos, herramientas o industrias dedicadas a las pantallas de las computadoras. El espectáculo fílmico anual de SIGGRAPH es el acontecimiento principal para presentar los adelantos en grafismo computacional, un campo en el cual los resultados finales se exhiben en pantallas, así como se publican en artículos de revistas; este año, se entregaron gafas para ver en tres dimensiones a cada uno de los varios miles de miembros del auditorio, para cada proyección. En el puesto de Autodesk, participé en un juego virtual de pelota en su última demostración de ciberespacio; arriba, en la cabina de Silicon Graphics, probé con el zoom el mundo virtual más nuevo de Jaron Lanier, un acuario conectado con un espacio que semejaba un templo griego. Me pregunté si no podría andar Sutherland por este mundo maravilloso de pixeles y si se sentiría como Prometeo o como Pandora.

Sutherland abrió una ventana y señaló el día en que las personas podrían cruzar esa ventana y entrar en el territorio abstracto que las simulaciones de la computadora pudieran crear. Pero la idea de acoplar las percepciones humanas con las capacidades de la computadora es una idea grande con muchas facetas, e instrumentarla ocupó a muchas personas en muchos sitios. Sutherland no fue el único visionario que comprendió que la tecnología informática se aproximaba a un umbral.

4

El umbral de la exploración virtual

"Aunque mucho de lo que escribió McLuhan era oscuro y objetable, en su conjunto me produjo un choque que repercute aún ahora. ¡La computadora es un medio! Siempre pensé en ella como una herramienta, tal vez un vehículo: un concepto mucho más débil. McLuhan decía que si el ordenador personal era realmente un nuevo medio, entonces su propio uso cambiaría de hecho los modelos de pensamiento de toda una civilización. Tenía por cierto razón en cuanto al efecto de la ventana electrónica de vidrio manchado que era la televisión: una influencia medieval de tribu en el mejor de los casos. La índole intensamente interactiva y comprometedora del ordenador personal parecía una antipartícula que podría aniquilar el pasivo aburrimiento que induce la televisión. Pero también prometía sobrepasar el libro y traer un nuevo renacimiento pasando de loas representaciones estáticas a la simulación dinámica. ¿Qué pensador sería usted si creciera con un simulador activo conectado, no sólo con un punto de vista, sino con todos los puntos de vista de las edades representadas de tal manera que pudieran ser probadas dinámicamente y comparadas? Nombré la idea de una computadora del tamaño de una libreta, el Dynabook, para captar la metáfora de McLuhan en el silicio por venir. "

ALAN KAY
User Interface:
A Personal View, 1990

"Como simulador ambiental, el display de Sensorama fue uno de los primeros pasos para duplicar el acto del espectador de enfrentar una escena real. El usuario está totalmente sumergido en una cabina de información diseñada para imitar el modo de exploración, mientras que la escena se reproduce en una imagen que se construye usando varios sentidos. El próximo paso consiste en dejar que el espectador controle su propio camino a través de la información disponible para crear una capacidad de

interacción muy personalizada que bordea el umbral de la exploración virtual."

SCOTT FISHER
Viewpoint Dependent Imaging, 1981

Ubicar la conciencia en un mundo virtual es sólo parte de la tarea: a fin de sentirse presente, debe haber una forma de movilizarse en la simulación. De modo que la idea de "navegar" en el espacio informático a fin de aprender algo empezó a servir de guía a la gente que diseñaba aplicaciones para las nuevas tecnologías habilitantes.

La idea de que la tecnología de las computadoras pudiera combinarse con otros medios audiovisuales para crear "ambientes exploratorios de computadora" se desarrolló en los años 70 en el MIT por los investigadores que llegarían a ser importantes pioneros de la RV. También buscaban medios para lograr una "sólida unión" entre las mentes humanas y los dispositivos de computación.

Algunas raíces de la RTV de hoy trazan la historia de un dispositivo (como los displays estereográficos), una disciplina (grafismo computacional) o una idea (exploración de un mundo artificial), y cruzan así los límites de disciplinas científicas e instituciones académicas. Inversores científicos aislados, ignorando a menudo la mutua existencia, contribuyeron con trozos de rompecabezas que sólo recientemente empezaron a encajar. Otras raíces derivan de sitios y épocas específicos, de grupos de personas que construyeron trabajos uno para el otro, que trabajaron juntos en diversas instituciones durante años, en proyectos destinados a conducir a algo parecido a la RV de hoy. Uno de esos sitios era el laboratorio Sunnyvale de Atari a principios de la década de los 80. Sucedió que estuve allí en 1983 en búsqueda de diversos infonautas, que posteriormente se convirtieron en cibernautas. Al trabar conocimiento con ellos me enteré de que el grupo del laboratorio de Atari de jóvenes tecnólogos de los medios se conocían entre sí desde lugares y épocas específicos. Así como los infonautas del ARC, la ARPA y el PARC se conocían por los esfuerzos conjuntos que tuvieron éxito o fracasaron en el pasado, el bando fuerte de los cibernautas de hoy que son graduados de Atari desde principios de los 80 se han conocido aun antes de que Nolan Bushnell fundara Atari, comercializara *Pong* y vendiera la compañía a Warner. A medida que los conocía, descubrí que Atari Research estaba compuesto por veteranos de una institución aún más temprana que se inició en el MIT en los años 70, el Architecture Machine Group, conocido como Arch-Mac (se pronuncia Ark-Mac), dirigido por Nicholas Negroponte y Richard Bolt.

Tenían un nombre extraño —¿qué es una "máquina de arquitectura"?— y empleaban tecnologías exóticas con las que los especialistas en computación nunca habían interferido, tales como rastreadores de la mirada y videodiscos.

Negroponte era la fuerza motriz y la guía inspiradora de Arch-Mac y de la institución que surgió de allí, el Laboratorio de Medios. Aunque su nombre no se menciona a menudo con relación a la investigación de punta de la RV, su visión de los accesorios multisensoriales de la computadora, equiparados con los humanos, hizo pensar y trabajar a la gente en sistemas reales hace quince y veinte años atrás. "¿Cómo se puede adaptar la tecnología a las características de los humanos?", era la pregunta que Negroponte y sus colegas formulaban. Quince años antes de que *The Media Lab: Inventing the Future at MIT*, de Stewart Brand, destacara el rol de ese grupo, éste era conocido solamente entre los muy especializados. Pero Arch-Mac recibía un fuerte respaldo de la ARPA.

En 1970, Nicholas Negroponte había presentado por primera vez su propia visión de cómo la informática podía reforzar el pensamiento y la imaginación humanos, combinando la capacidad de presentación del cine con el poder de información y manipulación de las computadoras. Predijo el día en que los medios, separados hoy, se combinarían, cuando una red híbrida digital, óptica, audiovisual de difusión se fusionaría en una "tecnología de los medios" integrada. Si todos los medios de codificar información (sonidos, imágenes, palabras, números, datos de computadora) se vuelven digitales y todos los medios de comunicar información (difusión por ondas, cable, diskettes y redes de telecomunicación) se conectan, entonces la tecnología resultante será algo más que una mera intersección de áreas diferentes; el nuevo "metamedio", como lo llamó Alan Kay, constituirá un mundo por sí mismo. El equipo del Media Lab deseaba hacer algo más que explorar el potencial de las tecnologías habilitantes. Deseaban ver en qué se convertiría la tecnología de los medios en el futuro, y materializar luego esas visiones en forma de prototipos. "Demuestra o muere" era la consigna interna revelada por Stewart Brand en su libro *The Media Lab*.

Así como los infonautas de la ARPA, el ARC y el PARC habían saltado encima de la tecnología de las computadoras, la gente de Arch-Mac tenía puestos los ojos en los *próximos* avances, desde las computadoras operadas por la voz hasta los filmes holográficos. Junto con el investigador de la interfaz humana Richard Bolt y otros, Negroponte empezó a edificar un nuevo tipo de centro de investigación, en el cual las ciencias cognitivas y las de la computación se mezclarían deliberadamente con las tecnologías cinemáticas y de telecomunicación. Juntos pusieron sus miras en un futuro a largo plazo. Arch Mac se convirtió finalmente en Media Lab, el sitio en el cual, como señalaba Stewart Brand, el cometido era "investigar el futuro".

El Media Lab nunca estuvo aferrado a los molestos dispositivos como "gafas y guantes", nombre con el que denomina alguna gente los equipos periféricos de RV. A fines de los años 70 y principios de los 80, sin embargo, varios experimentos claves crearon las bases para posteriores sistemas de RV. Christopher Schmandt y Eric Hulteen, que trabajaban bajo la dirección de Bolt como investigador principal, combinaron un display del tamaño de una pared,

un dispositivo de entrada a modo de ademán (apuntando con el dedo) y un sistema de comando con reconocimiento de la voz en una demostración que se conoció desde entonces por su orden típica de voz y gesto, "Put that there". Un operador podía estar sentado en una silla, enfrente de la pantalla, en la cual se proyectaba el mapa de un océano, generado por computadora. El prototipo había sido desarmado años antes de que yo hubiera oído hablar de él, pero en 1983 vi un video de Hulteen en el Media Room; él apuntaba con el dedo a un barco en el océano y decía en voz alta "Put that", luego llevaba el dedo a otro punto y decía... "there", y la computadora, igual que el genio de los cuentos, cumplía la orden. Los objetos en la pantalla podían cambiar de tamaño, de forma, se los podía manipular, mover mediante órdenes dadas con la voz y con gestos. El sensor magnético de posición de la mano, usado en "Put that there", un par de pequeños pero costosos cubos, del tamaño de un par de dados, fabricados por Polhemus Navigation Systems, terminó jugando, con los años, un rol central en la historia de la RV.

Varias direcciones de investigación que fueron iniciadas, aunque no proseguidas finalmente, por el Media Lab, han servido de anteproyectos para estudios renovados de RV en el mundo. Otras investigaciones de Arch-Mac o Media Lab demostraron el uso de displays y técnicas tridimensionales para transmitir las expresiones faciales y la dirección de la mirada mediante telecomunicaciones; la idea de Arch-Mac de transmitir "presencia" estaba incluida en una visión de "animación de comunicación compartida" en la cual sus interlocutores aparecían como objetos virtuales animando sus rostros, echarían y volverían a echar sus miradas sincronizándolas con los movimientos físicos. Richard Bolt hace tiempo hizo hincapié en su fuerte convicción de que observar la dirección de la mirada del interlocutor es un elemento esencial en la comunicación humana; una década más tarde, encontré investigadores en laboratorios cerca de Yokohama y Kyoto que experimentaban con la tecnología de rastrear la vista y reconocer modelos de expresiones faciales. Los investigadores de Arch-Mac extendieron también parte del trabajo de Kenneth Knowlton en los años 70, cuando él trabajaba para los laboratorios Bell, investigación que fue igualmente primordial para la aparición final de la idea de "entornos virtuales". Knowlton desarrolló un espacio de trabajo virtual para operadores de algunas compañías telefónicas, que tenían que realizar conjuntos de tareas en configuraciones de teclados que cambiaban a menudo.

Un espejo azogado a la mitad, dispuesto en un ángulo apropiado, puede crear una especie de imagen virtual que puede flotar en el espacio por encima del mundo no virtual. Ken Knowlton yuxtapuso un dispositivo de control físico con una imagen virtual para crear un especie de espacio de trabajo visual virtual. Knowlton colocó un espejo azogado a la mitad de modo que la imagen proveniente del espejo se superpusiera sobre la vista de un teclado vacío. Un monitor de gráfica computada representaba cubiertas gráficas que podían usarse como "teclados virtuales" al quedar alineados con el teclado físico vacío. Fisher y otros estaban interesados en saber cómo hacía Knowlton en su

experimento para usar un espacio virtual en el que los operadores pudieran mover sus manos. A principios de la década de los ochenta, Christopher Schmandt y Scott Fisher apuntaron un monitor de TV en color a un espejo horizontal semiazogado. El personal de Arch-Mac construyó un pequeño entorno virtual en el cual el operador podía ingresar, con el cual podía entrar en interacción, dibujar objetos en el espacio, levantarlos y moverlos. "Podíamos configurar literalmente todo el mundo virtual", recordaba Fisher años más tarde: No usaban guantes, pero los cibernautas de Arch-Mac dieron un paso importante cuando siguieron la guía de Dan Vickers, el asistente de Ivan Shuterland en la Universidad de Utah, y agregaron la manipulación manual a sus exploraciones de los entornos virtuales, junto con una navegación "mira y no toques"

Un concepto primordial de Arch-Mac a fines de los años 70, que llevó largo tiempo para hacerse práctico, fue la idea de que los vastos mundos de datos almacenados en computadoras podían representarse de alguna forma visible ("visualizarse", como llegaron a decir los investigadores) y explorarse en cierto modo cognitivamente, realizando una navegación física a través del "espacio de datos", un concepto que condujo al prototipo de Datalandia de Arch-Mac. Los matemáticos hablan de "espacios multidimensionales", y los programadores hablan de "explosiones combinatorias en los espacios de búsqueda", refiriéndose a una especie de sitio abstracto donde tienen lugar ciertas operaciones formales. ¿Qué ocurriría si esos espacios pudieran hacerse visibles, navegables, manipulables? ¿Podríamos llevar nuestros sistemas neurales innatos de exploración del espacio a los mundos de datos que solemos triturar más o menos ciegamente con nuestras computadoras? Datalandia era la materialización de esa idea en el Media Room.

El Media Room original tenía pantallas del tamaño de una pared, monitores individuales de color, dispositivos de rastreo de la vista, de entrada de la voz y seguimiento de los gestos. Pero el Media Room era sólo la infraestructura, un medio para pensar, comunicarse o experimentar algo. ¿Qué clase de herramientas podían crearse en semejante lugar que no pudieran crearse en otra parte? El SDMS (Spatial Data Management System), un sistema para navegar visualmente por las bases de datos, fue instrumentado por el Media Room. Datalandia era parte del SDMS, una ventana visual asomada al juego personal de datos del operador (la colección de programas y archivos que los usuarios actuales de ordenadores personales llamarían su "escritorio electrónico"). Un operador sentado en una silla podría usar una almohadilla para emitir órdenes con la punta de los dedos o asir pequeños joysticks para volar literalmente a través de una representación bidimensional de una estructura de datos tridimensional.

La idea de un SDMS dio una vuelta por el domino de la ciencia ficción antes de volver a aflorar en la investigación de la RV. Cuando William Gibson acuñó el término "ciberespacio" en su novela *Neuromancer*, describió enormes estructuras virtuales de datos en la "alucinación consensual" con la que millones de personas conectaban directamente abandonando sus sistemas ner-

viosos. Esas pirámides azules de datos financieros o los hemisferios rojos de registros corporativos estaban protegidos contra los escuchas por paredes visibles de protección que Gibson llamaba "hielo". Cuando los sistemas de RV empezaron a proliferar, la idea de volar a través del espacio de datos volvió a emerger en informática, sencillamente porque el flujo monstruosamente acelerado de datos, generado por todos los procesadores de información que hemos mandado al mundo, ha desafiado a los diseñadores de las bases de datos que procuran construir técnicas para empresas, instituciones científicas, el gobierno o los individuos para tratar los datos que necesitan para seguir operando. Como observó Engelbart en 1950, nos vamos enredando con la complejidad de nuestras herramientas y tal vez nuestra única salida es construir instrumentos para arreglárnoslas con esa complejidad. En el año 1990, varios grupos en el mundo perseguían versiones de los sistemas SDMS con displays de cabeza y máquinas de la realidad, como medios poderosos de manejar acopios extraordinariamente grandes y complejos de información.

Otro experimento de Media Room que sigue influenciando el curso de la investigación de la RV fue el World of Windows, en el cual grandes ventanas de información se abrían en una pantalla del tamaño de una pared, bajo el seguimiento de la mirada; un panel contenía texto, otro exhibía fotografías, otro más mostraba video en pleno movimiento, etc. Cada una de las ventanas estaba alimentada por una red que reunía información —servicios telegráficos, datos de satélites, bases de datos de computadora y videodiscos, cámaras de video en vivo— y dondequiera que mirara el operador, cambiaba la pista del sonido y/o la ventana de la información se agrandaba. Era un modo de explorar ideas curioseando entre el flujo estructurado de información.

A excepción de algunos ítems costosos para las fuerzas militares, tales como los SDMS y los sistemas multimedia para la marina de Estados Unidos, las demostraciones de Arch-Mac y media Lab de los grandes espacios de información navegables no cambiaron inmediatamente el mundo fuera del laboratorio. Los especialistas de Media Lab siguen tratando de hacer funcionar la holografía móvil, por ejemplo. Los discos ópticos (CD ROMs) reemplazaron las viejas tecnologías en el negocio de la música (discos fonográficos y cintas de audio analógicas) antes de que empezaran a difundirse entre la población usuaria de computadoras. Como la inteligencia artificial y la realidad virtual, el potencial de los medios ópticos estaba algo confundido por la tormenta de estimulación en el ambiente popular; como observó hace poco Michael Naimark en otra conferencia sobre el futuro de la RV, "la tecnología del videodisco interactiva estaba precedida con visiones de bibliotecas en un disco, pero pasaron más de quince años desde esa profecía para que Sony comercializara sus Data Discman en 1990".

Las primeras demostraciones y los bits y las piezas decisivas de lo que se convertiría en la tecnología de la RV no levantaron de inmediato olas de investigación y desarrollo industrial en todo el mundo. pero esos experimentos sembraron algunas ideas en la mente de unas pocas personas claves que for-

marían sus propias olas pocos años más tarde. Media Lab continúa alimentando cierta cantidad de investigación relacionada con RV: en los años 90, dos de las fronteras más importantes de RV —"caracteres" autónomos de gráfica computada que pueden poblar los mundos virtuales y dispositivos que transmiten las sensaciones humanas táctiles y cinestésicas— son investigadas activamente por David Zeltzer, Margaret Minsky y otros colegas, en el "pozo de víboras" subterráneo de Media Lab.

Los proyectos relacionados con RV siguen emergiendo del elegante edificio de I. M. Pei en Cambridge, pero yo no llamaría hoy a Media Lab un "centro de RV". La telepresencia es sólo parte de la visión de Media Lab y no su parte central. Cuando visité Media Lab en 1989 y pregunté a su agente de publicidad, Tim Browne, él me dijo en un tono de voz que indicaba que había explicado con suma paciencia mucha veces antes que "no estaban interesados en nada que pudiera interponerse entre la mente humana y la computadora". A pesar de esa negativa, sigue percibiéndose la influencia de Cambridge en el problema de la RV, aun en Chapel Hill y Silicon Valley. Unos doce discípulos de Arch-Media, Media Lab y Atari con sus conocimientos de "media rooms" y seguimiento de la mirada, videodiscos, displays de cabeza, sensores de posición, viajes sustitutos, reconocimiento de la voz, estereoscopia y grafismo computacional, han formado cuadros significativos de RV en las instituciones científicas y comerciales de hoy. Más aún, el vocabulario compartido de ideas que desarrollaron durante los experimentos logrados y malogrados han influido en toda la generación actual de investigadores de la RV.

La noche en que observé a los cibernautas de Atari, años atrás, ellos recurrían a la improvisación teatral como una manera de pensar acerca de la índole del dialogo entre hombre y computadora en el futuro. Todos los participantes, salvo Scott, colocaron sus viñetas dentro del contexto de una sala de medios. Cuando le tocó el turno de improvisar una interacción, Scott no hizo la parodia de entrar en un cuarto imaginario. En cambio, se colocó un imaginario display de cabeza. Todos rieron. Su interés por los displays estereoscópicos era bastante conocido por sus pares para que fuera una señal muda de diversión. Y mientras que el interés de Scott por los displays de cabeza era uno de los muchos rumbos que los investigadores de Atari se proponían seguir, tuve la sensación (que compartí con los otros investigadores en aquel momento) de que el enfoque de la sala de medios se consideraba más excitante. Michael Naimark observó una vez que aún antes de Arch-Mac, cuando Fisher enseñaba en el Centro de Estudios Visuales Avanzados del MIT, solíamos llamar a Scott "el tipo tridimensional".

Fisher tenía un fuerte interés en usar la tecnología para la representación artística. Fue atraído por el Centro de Estudios Visuales Avanzados del MIT, un enclave orientado hacia las artes aunque tecnológicamente complejo, en un ambiente orientado hacia la ingeniería, donde dio conferencias sobre imágenes tridimensionales y tuvo una beca de investigación desde 1974 a 1976. Cuando Arch-Mac empezó a experimentar con "viajes sustitutos" en 1978, Fisher

se trasladó allí para ayudar al investigador principal, Andrew Lippman, y a otros a crear una nueva herramienta de información que llamaron Movie Map. El Aspen Map, como lo denominan a veces, fue un predecesor importante de la tecnología de RV. El "usuario" empezó a convertirse en "operador". El trabajo de crear la sensación de que un operador está dentro de un espacio simulado tiene dos aspectos: primero, la tecnología perceptual debe convencer al operador de que la simulación es un entorno tridimensional que lo rodea; ese aspecto llegó a conocerse como "inmersión". Hay otra idea clave, sin embargo: la cuestión de si el operador es un observador pasivo de ese entorno (como en Sensorama) o si tiene el poder de navegar y explorarlo activamente. Juntos, inmersión y navegación constituyen los elementos de un nuevo ente, un "simulador personal". Arch-Mac fue otro punto de inflexión —varios puntos de inflexión— en la historia de RV, tan significativo por sus efectos sobre la mente de las personas que estaban allí como por la investigación misma.

Como escribió Fisher años después, el prototipo de Arch-Mac demostró parte de la capacidad que más tarde sería importante para la tecnología de la RV:

> *"La tecnología se encaminaba hacia ambientes de 'simulación personal' cuyo costo bajaba gradualmente y en los cuales el espectador podía también controlar su propio punto de vista o movimientos a través de un entorno virtual, una propiedad importante que faltaba en el prototipo de Sensorama. Un temprano ejemplo de ello es el Aspen Movie Map... Las imágenes de la ciudad de Aspen, Colorado, fueron tomadas con un sistema de cámaras especial montado sobre un coche, filmándose cada calle y todas las esquinas del pueblo; esas imágenes estaban combinadas con tomas hechas desde arriba con grúas, helicópteros y aeroplanos y también con tomas del interior de los edificios. El Movie Map dio a los operadores la posibilidad de sentarse frente a una pantalla de display sensible al tacto y conducir a través de la ciudad de Aspen, a la velocidad que quisieran, por el camino que eligieran, tocando la pantalla e indicando las vueltas que querían dar y en qué edificios querían entrar."*

En una configuración, eso estaba instalado de tal modo que el operador quedaba rodeado por las imágenes de la cámara anteriores, posteriores o laterales, de forma que quedaba sumergido completamente en una representación virtual de la ciudad. No había display de cabeza, ni guante, ni técnica tridimensional, y el Movie Map era una especie de mundo virtual.

Usted podía estar sentado dentro de una sala en cualquier parte, y el mapa fotográfico lo rodearía. Mire derecho ante usted a lo largo de una calle de Aspen. Haga un gesto y su punto de vista empieza a moverse a lo largo de la calle. Detenga el movimiento en cualquier punto e inmovilice el marco. Mire a su derecha y decida bajar por esa calle, y los puntos de vista en las cuatro pantallas alrededor de usted cambiarán a fin de mantenerlo encamina-

do en la dirección que usted eligió. Si esa casa que está ahí lo atrae, aproxímese. Un texto sobre la historia de esa casa aparece en la parte superior del marco delante de usted. Adelantase y retroceda y vea la casa en verano e invierno. Entre en ella si desea y eche una mirada en su interior. No es difícil comprender cómo los mapas cinematográficos podrían interesar a los militares, que estarían dispuestos a construir mapas en videodiscos, sumamente detallados, de ciertas instalaciones clave, a fin de ensayar de forma realista una operación.

La tecnología era diferente de la que se usa actualmente en la mayoría de las investigaciones de RV. Un videodisco es una forma de codificar información visual gráfica de tal manera que pueda ser almacenada digitalmente en bits de información y que puede ser leída con un láser, reconstruida computacionalmente a partir de los bits como una imagen y reproducida mediante un dispositivo de display con pantalla. Es posible usar un sistema de videodisco para recuperar muy rápido un trozo especifico de texto, sonido o imagen de una colección muy grande almacenada en un medio compacto y económico. Cierta cantidad de información puede almacenarse en cada disco —54.000 fotografías o treinta minutos de video— y el uso de diversas estrategias para hacer acopio de información y para recuperarla permite a los operadores humanos "navegar" por sendas de su elección a través de las imágenes, formando así un "sistema de videodiscos activo". La información puede ser tan abstracta y no espacial como una historia ilustrada de un país o una época; puede ser tan concretamente espacial como el mapa de Aspen. El concepto de navegación trasciende la tecnología particular usada para manipular información y la forma específica de esa información: es posible navegar a través de una base de datos de un texto (como lo vislumbraron Engelbart y Nelson cuando comenzaron a soñar con el "hipertexto"), una biblioteca de imágenes fijas o móviles, una simulación virtual del mundo físico, o mediante el control telerrobótico, a través de una parte remota del mundo físico. Los operadores pueden interactuar con lo que ven, eligiendo cómo lo ven en lugar de percibir simplemente cualquier cosa que transfiera la computadora.

Hay una distancia indefinible entre un potencial tecnológico y las circunstancias en que se torna práctico usar dicho potencial, como enseñaba Scott Fisher. A principios de los años 80, la cantidad de poder computacional necesario para crear un mundo virtual completamente simulado por computadora era demasiado costoso para un proyecto de diploma de máster. Pero era posible explorar la inmersión y la navegación combinando un display estereoscópico con un sistema interactivo de videodiscos ingeniosamente diseñado: el proyecto de tesis en tecnología de medios que presentó Fisher para su diploma de máster combinaba el display 3D estereográfico con el acopio de imágenes en videodiscos y tecnología de recuperación, de tal forma que permitía al operador explorar un ambiente tridimensional. Dos videodiscos contenían dos juegos exactamente diferentes y exactamente correspondientes de imágenes, uno para presentar al ojo derecho, el otro para presentar al ojo iz-

quierdo. Las imágenes en esos pares eran fotografías de la misma escena, tomadas con una separación de 65 milímetros, la "distancia interocular" que separa los ojos humanos. La base de datos de la imagen fue estructurada para proveer una rica serie de pistas para explorar el ambiente descrito; dondequiera se mueva o mire un operador hay un par correspondiente de imágenes tomadas desde ese punto de vista.

Las imágenes en la base de datos estaban ligadas con un modelo de computadora del ambiente de modo que la imagen exhibida pudiera corresponder a la posición del operador dentro de un pequeño radio de movimiento. La posición del operador se comunicaba a la base de datos por un dispositivo magnético de seguimiento usado en Put That There, el sensor provisto a la Fuerza Aérea y a otros por Polhemus Navigational Systems. En el día de hoy, el propio dispositivo se conoce informalmente en el negoció de RV bajo el nombre de Polhemus. El correcto par de imágenes para la posición del operador fue rastreado por la computadora y recuperado del videodisco, luego exhibido a un usuario por un display 3D conocido bajo el nombre de PLZT por los lentes piezocerámicos usados por el operador.

Las gafas PLZT eran "obturadores electrónicos" que se cerraban y abrían rápidamente dejando ver la pantalla alternando las vistas del ojo derecho y el ojo izquierdo. Las lentes PLZT han sido sustituidos por lentes de cristal líquido (LCD); son similares en cuanto ambos crean un efecto tridimensional mediante el sistema "multiplex de tiempo". Las gafas PLZT y LCD no muestran las imágenes derecha e izquierda al mismo tiempo; cortan y entremezclan las imágenes en el tiempo y no en el espacio. Los dos marcos del videodisco para cada posición de visión se "entrelazan" durante los barridos alternadas de un monitor de CRT: cada 1/60 de segundo se exhibe el cuadro para el ojo derecho, y cada 1/60 de segundo se exhibe la vista para el ojo izquierdo. El operador mira el display y los obturadores tapan la vista alternadamente, de forma que cada ojo sólo ve el display destinado a él, a intervalos tan rápidos que el cuadro se fusiona en una sola representación tridimensional. Mire un objeto y verá que parece resaltar en el espacio. Pruebe su percepción cambiando ligeramente su posición y el sensor Polhemus señala el cambio en la computadora, que recupera los pares correspondientes de la imagen del videodisco y los proyecta mediante el display 3D.

Este método de cortar la información en rebanadas que se exhiben en rápida sucesión tiene una limitación fundamental: no se puede fotografiar y almacenar toda vista posible de cualquier espacio superior a cierto tamaño a mayor de un nivel muy bajo de complejidad. Pero las restricciones del medio no eran la principal preocupación de Fisher a principios de los años 80. Fisher quería descubrir si se podían usar esos nuevos medios de información para crear una autentica sensación de navegar en un espacio artificial. Usó los pares de imágenes para crear el efecto tridimensional del "paralaje binocular", imitando la manera en que los humanos crean una sensación de tridimensionalidad colocando en serie vistas bidimensionales paralelas del mun-

do; nuestros ojos ven todo desde ángulos ligeramente diferentes, y nuestro cerebro hace toda clase de complicados cálculos de profundidad sobre las diferencias entre lo que ve cada ojo. Él usó el sensor Polhemus y el sistema de base de datos para crear el efecto tridimensional del "paralaje de movimiento" que muestra cómo cambia de posición el mundo que uno ve cuando mueve el propio punto de referencia, de la manera que lo hizo el primer sistema de Sutherland.

Scott Fisher y sus colegas estaban aprendiendo a construir sondas de espacios virtuales. La estereografía, el paralaje, la navegación, detectar una posición, se habían convertido en los bloques constructivos fundamentales de los sistemas de RV. Las posibilidades de las tecnologías habilitantes tenían que adquirir un orden de magnitud superior, antes de que el primer engranaje experimental de los años 70 pudiera encajar en un sistema de realidad con el cual valdría la pena juguetear. La gráfica computacional y las técnicas de modelación que aprovechan la potencia de esas futuras computadoras tendrían que reemplazar el videodisco como medio de almacenar y recuperar imágenes. Otro elemento decisivo —el guante detector de la posición que capacitaba al operador para alcanzar y manipular el mundo virtual, así como para navegar en él— todavía tiene que llegar. El largo y arduo trabajo de descubrir cómo unir todos esos dispositivos con el software adecuado quedaría por hacer, aun después que llegara un hardware de suficiente poder y que los algoritmos del software para manipular los gráficos tridimensionales fueran elaborados por centenares de programadores en las universidades y en los laboratorios de investigación comerciales. Pero Scott Fisher y otros a quienes encontraría otra vez en la NASA, ya estaban aprendiendo lo que necesitaban saber para construir la primera generación de máquinas de ciberespacio accesibles.

Desde Sensorama hasta el ARC, hasta el PARC, hasta el ARCH-MAC, parece haber muchas sendas que convergen hacia la tecnología de RV. El punto en el cual la idea de la realidad virtual, como se la entiende hoy en día, estuvo más exactamente articulado, llegó en forma sorpresiva hace tiempo, cuando Ivan Sutherland usó por primera vez la combinación de los displays de cabeza, el rastreo de la posición de la cabeza y el grafismo computacional interactivo para colocar en realidad a un ser humano dentro de un mundo generado por una computadora.

Mover cosas en la pantalla de una computadora fue sólo el principio de las brillantes ideas de Ivan Sutherland. Casi enseguida después de arrancar con el grafismo computacional, se puso a pensar en la forma de penetrar dentro de la pantalla de la computadora. Como señalara Theodor Nelson, Sutherland había comprendido la importancia de usar la coordinación del ojo y la mano humanos. Si el Sketchpad "le permitía deslizar las cosas a entera satisfacción", ¿cuánta mayor fuerza para formular, modelar, diseñar y pensar podrían ganar los usuarios si pudieran realmente caminar alrededor de un objeto gráfico en tres dimensiones, hacerlo rotar, moldearlo y tratarlo del modo en

que manejamos los objetos en el mundo físico? Mientras que los inventores de los dispositivos estereoscópicos, en particular Morton Heilig, han experimentado con diversas clases de gafas y otros displays de cabeza, Sutherland fue el primero en proponer que se montaran pequeñas pantallas de computadora en gafas binoculares —un problema de hardware que estaba lejos de ser fácil a principios de los 60— y sumergir así el punto de vista del usuario dentro del mundo gráfico de la computadora.

5

Entrando en el ciberespacio

Ivan y la espada de Damocles: el primer display de cabeza

"La idea fundamental en la que se basa un display tridimensional es presentar al usuario una imagen en perspectiva que cambia cuando él se mueve. La imagen en la retina de los objetos reales que vemos es, después de todo, sólo bidimensional. Así pues, si podemos colocar imágenes bidimensionales adecuadas sobre las retinas de un observador, podremos crear la ilusión de que él está viendo un objeto tridimensional.

"Aunque una presentación estéreo es importante para una ilusión tridimensional, es menos importante que el cambio que tiene lugar en la imagen cuando el observador mueve la cabeza. La imagen presentada por el display tridimensional debe cambiar exactamente de la misma manera como cambiaría la imagen de un objeto real con movimientos similares de la cabeza del usuario."

IVAN SUTHERLAND
A Head-Mounted Three-Dimensional Display, 1968

En el año 1966, habiendo creado un sistema interactivo en una pantalla plana, Ivan Sutherland quiso adoptar la idea de Licklider de "contacto íntimo" entre la mente humana y la computadora, al extremo de poner al usuario dentro del mundo gráfico tridimensional generado por la computadora. La tecnología de la RV tiene muchos precursores, sobre todo Morton Heilig y Myron Krueger (quien aparece más adelante en este capítulo). El estudio de Ivan Sutherland a fines de los 60 y principios de los 70, empero, resultó ser un suceso fundamental en la génesis de la tecnología ciberespacial. Heilig, un especialista en cinematografía y medios multisensoriales, no lograba conseguir fondos para un lugar de experimentación con su display de cabeza y sus estudios audiovi-

suales, olfatorios y táctiles, y no era experto en computadoras. Krueger, que era tanto artista como tecnólogo, corría con dificultades similares. Cayeron en la "brecha de Engelbart", el golfo entre diferentes encuadres conceptuales, una zona muerta en los campos visuales de aquellos que no pueden ver el futuro cuando se lo señalan.

Conseguir fondos de patrocinadores comprensivos no era un problema para Ivan Sutherland, que acababa de dejar el cargo de director de la IPTO, la fuente más importante de financiación para la ciencia de la computación avanzada. Al empezar, en 1966, en el Lincoln Laboratory del MIT, Sutherland y varios colegas suyos llevaron a cabo los primeros experimentos con los displays de cabeza (HMDs) de diferentes tipos. Justo cuatro años después de Sketchpad, las ideas de Ivan Sutherland ejercían una importante influencia. Intervenía en ello Harvard, así como el MIT, la ARPA y el Office of Naval Research colaboraban en auspiciar la primera investigación de HMD.

Sutherland enfocó el problema a la manera característica de la ARPA. Empezó con lo que deseaba hacer —colocar a los humanos dentro de simulaciones gráficas generadas por computadoras—, luego reunió las tecnologías que necesitaría y abordó las tecnologías que tendría que inventar. Decidió no agregar el grafismo estereoscópico hasta más tarde. La ilusión de tridimensionalidad creada por el primer display de Sutherland aprovechó el modo en que estamos acostumbrados a ver cambiar nuestro panorama del mundo cuando movemos la cabeza. Mire un objeto, luego mueva la cabeza hacia la izquierda y observe cómo se mueve el objeto hacia la derecha de su campo de vista. A fin de cambiar la apariencia de la gráfica generada por computadora cuando se mueve el usuario, hace falta alguna clase de herramienta rastreadora de la mirada. Dado que la dirección de la mirada del usuario se determinaba con más exactitud y economía en aquel tiempo con un aparato mecánico, y puesto que el propio HMD era tan pesado, los usuarios de los primeros sistemas de HMD de Sutherland tenían la cabeza encerrada en una maquinaria suspendida del techo. El usuario colocaba la cabeza en un artefacto metálico conocido como Espada de Damocles. Conozco por propia experiencia reciente con manipuladores telerrobóticos la incómoda sensación que lo sobrecoge a uno cuando se cierra una pieza de una maquinaria experimental pesada sobre el cráneo.

El trabajo con el HMD continuó cuando Sutherland se trasladó a la Universidad de Utah. Los experimentos de 1966-1967 abarcaban el uso de sistemas parciales construidos para resolver problemas claves y conceptos de prueba; el hardware de la computadora era tecnología de última generación. La etapa siguiente consistió en usar hardware puesto al día para construir un instrumento real de laboratorio con todos los sistemas libres de defectos y trabajando en conjunto. El primer sistema de HMD completamente funcional arrancó en un laboratorio de Salt Lake City, el 1 de enero de 1970. Daniel Vickers, que era estudiante en la Universidad de Utah en ese momento, estuvo desde entonces en el Lawrence Livermore National Laboratory. Su misión era mante-

ner funcionando los sistemas y crear el software que los integraría. Lo llamé a Livermore y le pregunté si podía recordar un día específico en que funcionó el primer sistema HMD completamente funcional con el primer software del mundo virtual. Rió y recordó: "Me acuerdo que tomé el software y corrí e hice mi primer ensayo logrado el 1.° de enero de 1970, porque el sistema constaba de varios componentes que siempre se usaban y no había muchos intervalos de tiempo disponibles para corregir el software. Era fácil usar los sistemas por la mañana de Año Nuevo porque todos los demás que usaban el equipo habían estado de fiesta la noche anterior. La primera imagen era un cubo de alambre, de dos pulgadas de lado. Llamé a casa y se lo dije a mi mujer y me trajo a la familia para verlo. Sentimos que habíamos abierto una brecha. Podíamos ver posibilidades reales para el futuro".

El sistema que funcionaba en Utah a fines de los 60 y principios de los 70 estaba formado por seis subsistemas interconectados, muchos de los cuales Sutherland y sus colegas habían inventado anteriormente en Massachusetts: un *divisor de selecciones*, un *multiplicador de matrices*, un *generador de vectores*, un *artefacto de cabeza*, un *sensor de posición de la cabeza* y una *computadora universal* constituían la primera máquina de la realidad del mundo. Esos componentes eran las primeras máquinas específicas para crear una realidad virtual, las niveladoras cibernéticas del panorama del mundo virtual. El *sistema* que constituyó el HMD de MIT-Utah fue otro punto de inflexión en la historia de la RV: usar displays binoculares para crear una perspectiva visual tridimensional es un elemento distintivo de la RV; usar computadoras para crear la gráfica que se ve en tres dimensiones es otro elemento distintivo; rastrear la dirección de la mirada del usuario para sumergirlo en el mundo virtual es otro elemento distinto más, pero es esencial. Reunir los elementos en un sistema integrado que permitiera al usuario caminar dentro de una computadora fue la contribución brillante de Sutherland al nacimiento de la RV, y no fue la única. Sabiendo para qué podían usarse esos dispositivos y cómo afectarían la vida de todos cuando madurara la tecnología, fueron intuiciones decisivas que Sutherland comunicó temprano en sus investigaciones. En sus primeros artículos, más de veinte años atrás, Sutherland trazó el camino explícito que va desde el grosero prototipo a las realidades virtuales que persiguen los investigadores de hoy.

A fin de crear la gráfica tridimensional y manipularla en tiempo real cuando los usuarios movieran la cabeza, Sutherland, sus colegas y sus discípulos crearon el "divisor en secciones", una computadora de fines especiales que posibilitaba eliminar todas las líneas en el modelo del mundo que estuvieran detrás de la cabeza del usuario o fuera de su campo visual. Esto en lo que se refiere a las "secciones". El "divisor" se refiere a la aptitud optimizada del hardware de convertir la descripción de los datos de un objeto tridimensional en una descripción bidimensional a exhibir en una pantalla de gráficos. Las computadoras digitales universales son enormemente flexibles, pero no son tan rápidas como los circuitos electrónicos de objetivos especiales que se

construyen para optimizar la ejecución de cálculos específicos; el grupo de Sutherland y todos los equipos de RV de ahí en adelante han creado sistemas que orquestan computadoras de fines generales y de fines especiales.

Otro problema técnico de los displays de grafismo tridimensional que los colegas de Sutherland atacaron fue el de las "líneas ocultas": quitar, de todas las líneas que definen la estructura de un objeto en un cuadro tridimensional, las que están ocultas por parte del propio objeto o por otro objeto. Cuando miro una silla por delante, no puedo ver su parte posterior. Cuando una persona está sentada en una silla, puedo ver sólo parte de la silla. Cuando una computadora reconstruye la descripción de una silla en la pantalla y un usuario la mira desde delante, el sistema computacional debe efectuar una cantidad enorme de cálculos para ocultar constantemente las líneas que no serían visibles desde el punto de vista del usuario. John Warnock, un licenciado de la Universidad de Utah en aquel entonces, llegó a elaborar un algoritmo (un modo de programar el problema de forma que pudiera resolverse con eficiencia) que fue ventajosamente comparado con el divisor en secciones de Sutherland. Más tarde, Warnock fue uno de los principales investigadores del PARC en Xerox y luego fundó Adobe Corporation.

El divisor en secciones atañe a las "coordenadas espaciales" que relacionan al usuario y los objetos virtuales con el espacio virtual. Ver objetos sintéticos desde diferentes ángulos dentro de un espacio virtual requiere que se ejecute una traslación matemática de cálculo intensivo entre la posición del usuario y las coordenadas del lugar. Si una gran cantidad de puntos en cada objeto virtual y el espacio virtual deben aportar datos para semejante cálculo, la cascada de cómputos secundarios puede necesitar millones de operaciones matemáticas separadas por segundo, algo que no es costoso hoy, pero era imposible en los años 60, cuando se crearon los primeros HMD. Sutherland y su grupo elaboraron el "multiplicador de matrices", que resolvió ese problema de una manera ingeniosa.

Los mundos de armazones de alambre en las pantallas de Sutherland eran generados por la tecnología de display gráfico conocida como "gráfica vectorial". La luz visible en esas pantallas, como la luz en los osciloscopios o los televisores, es originada por la propiedad que tienen ciertos materiales de emitir luz al ser estimulados por un rayo de electrones. La posición de un rayo de electrones en CRT es controlada por electroimanes que desvían el rayo de electrones a sitios específicos en la superficie de un tubo de vidrio de vacío revestido con un material que resplandece (emite fotones) cuando es activado con electrones. En un display reticulado de un televisor, el rayo de electrones recorre la pantalla hacia atrás y adelante, hacia arriba y abajo, reavivando puntos específicos activados durante cada exploración. En Estados Unidos, todos los televisores estándar tiene 480 líneas horizontales de exploración, cualquiera sea el tamaño del display, con 640 pixels portadores de imagen en cada línea. El modelo de puntos activados crea el mosaico que ve un espectador como imagen televisiva; los cambios en los modelos de fosforescencias acti-

vadas son interpretados por el sistema visual humano como movimientos de la imagen en la pantalla.

Un mosaico, sin embargo, no es el único medio de dibujar con electrones en las fosforescencias. En un display de *vectores*, el rayo de electrones se mueve directamente entre diferentes puntos de la pantalla, creando "vectores" visibles semejantes a las líneas que uno ve en la oscuridad si agita rápidamente una luz. El multiplicador de matrices tomaba los extremos de cada vector tridimensional que formaba el borde de un objeto virtual y los multiplicaba por la serie de números proporcionados por el indicador de posición de la cabeza, y automáticamente actualizaban las posiciones de los extremos del vector, desplazando en efecto la vista de los objetos exhibidos en sincronía con el movimiento de cabeza del usuario. Robert Sproull, estudiante universitario de Harvard en aquel entonces, diseñó la mayoría de los divisores de secciones; más tarde Sproull perteneció a la cohorte de infonautas que llevó la parte del grafismo interactivo de la revolución informática a la época de los ordenadores personales.

El divisor en secciones y el multiplicador de matrices tomaban información del sensor de posición de la cabeza, la transformaban y suministraban la salida al generador de vectores, que se responsabilizaba de "pintar" los vectores correctos en la pantalla del display. Ésta formaba parte del dispositivo de cabeza que llevaba puesto el usuario. Los tubos de rayos catódicos de 15 centímetros de largo y 30/40 centímetros de diámetro estaban montados cerca de las sienes, como un par de pequeñas luces que se proyectaban hacia adelante desde la oreja. La luz emitida por los CRT se derivaba a través de una serie de lentes y espejos semiazogados que proyectaban una imagen virtual a unos 35 centímetros frente al usuario. La imagen aparecía como una cubierta sobre el mundo físico. ("Así —escribió Sutherland en 1968—, el material exhibido podía quedar incorpóreo en el espacio o coincidir con mapas, escritorios, paredes o teclados de máquinas de escribir.")

Los primeros displays podían exhibir más de 3.000 líneas a 30 encuadres por segundo, lo que impresiona aun para los estándares de hoy. Los usuarios de la Espada de Damocles tenía un campo visual de 40°, mejor que el campo de 4 a 6° suministrado por una pantalla de televisión sobre un escritorio, pero no tan bueno como los 120° de los sistemas HMD de la NASA de veinte años después, o los 300 por 150° de una pantalla múltiple de un simulador de vuelos F-15 de mediados de los años 80.

Sutherland experimentó tanto con sensores ultrasónicos como con mecánicos desde el principio, para los dispositivos de rastreo de la cabeza. Los sensores ultrasónicos funcionaban basándose en que la propagación de las señales ultrasónicas se produce a una velocidad constante y medible, y las longitudes de onda de las señales que parten de sitios fijos pueden ajustarse de forma tal que pequeñísimos cambios de posición de un afluente de sonido móvil puede ubicarse en el espacio tridimensional. Si el usuario lleva una fuente ultrasónica como parte del HMD, y hay cuatro sensores ultrasónicos

instalados en las cuatro esquinas del techo del laboratorio, es posible detectar cambios en la relación de las fuentes de sonido cuando se mueve la cabeza del usuario, y efectuar cálculos lo bastante rápidos como para transformar esas señales en una medida de la posición de la cabeza en tiempo real. Pero hay problemas con los sensores ultrasónicos, como el hecho de que no funcionan si hay objetos en la sala que se interponen entre la fuente ultrasónica y los sensores.

Un sistema mecánico para medir la posición permitía al usuario un margen muy pequeño de movimientos, pero hacía más fáciles las medidas exactas de la posición de la cabeza en tiempo real. Un par de tubos telescópicos que se deslizaba libremente a lo largo del eje común estaban sujetos mediante juntas universales con el dispositivo de cabeza y con rieles en el techo, un dispositivo analógico clásico que funcionaba mejor que las tecnologías digitales de su tiempo: el usuario tenía un espacio posible para el movimiento de la cabeza de unos dos metros de diámetro y uno de alto. El usuario era libre de moverse, girar, elevar o bajar la mirada tanto como 40°. El hecho de que el usuario quedara cautivo de la máquina en el sentido físico se comprendía por ser un artefacto provisional, producto de las tecnologías habilitantes primitivas de ese tiempo; a principios de los años 70, la mayoría de los científicos de la computación empezaban a acostumbrase a la idea de que su herramienta básica llegaría a ser doblemente poderosa y su precio disminuiría a la mitad cada dos años.

La máquina para el primer HMD fue la TX-2, que empezaba a envejecer por el año 1967. El primer objeto virtual fue un cubo, de unos cinco centímetros de lado, que apareció ante una persona que llevaba un HMD como un objeto luminoso flotando en el espacio. Otro de los primeros objetos virtuales fue un modelo molecular, una esquelética perspectiva del compuesto ciclohexano. (Cuando Frederick Brooks y sus estudiantes empezaron el desarrollo, que duró décadas, de las herramientas de diseño molecular en la Universidad de Carolina del Norte, tomaron la sugerencia explícita de ese modelo para aplicaciones futuras, en el grado superior de refinamiento alcanzado por su sistema Grope a fines de los 80.) En los posteriores experimentos de HMD en Utah se usó una DEC más poderosa, la PDP-10. En Utah, el cubo que podía ser visto desde todos los lados permaneció como parte del repertorio, y además se construyó una "sala" mucho más grande, con las cuatro paredes marcadas con N, S, E y O, en el techo marcado con T y el suelo con S. Un observador veía las paredes del cuarto virtual, luminosas, suspendidas en el espacio, dentro del recinto físico que alojaba el HMD. El primer cuarto en el ciberespacio era sencillo, cuadrado y monocromático.

La idea de construir recintos en el ciberespacio no cesó de atraer la atención de los investigadores de RV. Recuerdo cómo me esforcé en el espacio virtual para poner mi mano virtual en un estante virtual, y tuve la extraña sensación de estar en dos mundos al mismo tiempo. La demostración de Autodesk hecha en 1989 incluía una oficina de "plan abierto". En 1990, los participan-

tes en la conferencia anual de la Association for Computing Machinery organizada por el Grupo de Interés Especial por las Interfaces Hombre-computadora, fueron al Human Interface Laboratory, en Seattle, para volar por el Seattle virtual, una réplica ciberespacial coloreada, difuminada, semejante a un dibujo animado, pero reconocible y aproximadamente exacta, de Seattle. Actualmente, existen docenas de salas y edificios, partes de ciudades e incluso groseros sistemas solares dentro de las máquinas de la realidad desde Redwood City hasta Kawasaki. En Santa Bárbara, conocí a un hombre que está transformando el mapa de la red eléctrica de Tokio en un espacio virtual. Para el año 2010, ese primer cuarto de Sutherland se habrá multiplicado en un cosmos virtual. Es imposible decir, en términos de hoy, cuán vasto será el cibermundo futuro.

Sutherland, en la última frase de su publicación, sólo en parte irónica, *The Ultimate Display*, extrapoló el futuro de los ambientes virtuales de una manera que dejó ver que estaba al tanto de las "mágicas" implicaciones del portal que había abierto: "Con una programación apropiada, semejante display podría ser literalmente el país de las maravillas en el cual entró Alicia". En un informe sobre un dispositivo de entrada especial para trazar líneas de luz en el espacio, un estudiante de Sutherland, Daniel Vickers, reconoció el mágico sabor hasta de los ciberespacios primeros. "Un observador dentro del ambiente tridimensional de un sistema de display de cabeza —escribió Vickers— tiene a su disposición una varita mágica mediante la cual puede adelantarse y 'tocar' los objetos sintéticos que ve. Una varita para crear e interactuar con objetos sintéticos que son visibles solamente para aquel que usa el dispositivo de cabeza y que comunica un aura de brujería a los circunstantes y es la base de su nombre: Aprendiz de Brujo."

El Aprendiz de Brujo era un dispositivo en forma de manga de pistola con cuatro botones de contacto, una llave corredera y un pequeño potenciómetro (un dial que funciona como reductor de luz). Dos boquillas diferentes reemplazables hacían funcionar un rastreador de posición ultrasónico o mecánico. A fin de tener plenas posibilidades de crear y manipular grafismo computerizado tridimensional con sólo cuatro botones, se extendieron los controles de la varita mágica con el empleo de un cuadro de pared que se superponía sobre el espacio virtual; apuntando con la varita a una orden que aparecería en el cuadro y presionando un botón, se hizo posible cambiar la distribución planimétrica entre botones y comandos. Luego el usuario podía apuntar con la varita hacia los objetos en el mundo virtual y ejecutar diferentes clases de magia gráfica, haciendo que los objetos aparezcan, se estiren, se contraigan, roten, desaparezcan, se fusionen y se separen. El cuadro mural ubicado en el ciberespacio como un medio de extender el poder del lenguaje de las órdenes fue un antecedente clave de los "menús a elegir" que habilitan al usuario hoy a seleccionar los comandos en una especie de "cuadro mural" en la pantalla de su ordenador.

Agregando la varita al sistema se aumentó espectacularmente la sensa-

ción de presencia experimentada por el usuario del HMD, recuerda Vickers. "Descubrimos que la sensación de presencia se realzó al agregársele la varita mágica. Cuanto mayor es la cantidad de sentidos implicados, tanto más compleja es la ilusión", dijo Vickers cuando habló en 1990.

Suena irónico, pero antes de la era del diseño asistido por computadora (CAD), los que no tenía bastante clarividencia podían preguntarse por qué era necesario gastar dinero de los contribuyentes en eso. Desde la primera demostración de Sketchpad, Sutherland dejó sentado que el uso de semejante herramienta en el diseño interactivo de objetos tridimensionales, desde diminutos adminículos hasta ciudades, podía acrecentar el poder de los diseñadores del mismo modo que otras posibilidades de la computadora aumentaban la capacidad de los contadores, censistas y científicos: Diseñar objetos es, básicamente, un asunto de enfocarlos con claridad y conducir su visión a los demás en forma de dibujos, bocetos, modelos, anteproyectos y otras representaciones visuales. Así como el procesador de palabras aumenta las habilidades de nivel superior de la escritura, eliminando algunas tareas de nivel inferior relacionadas con el desplazamiento de palabras en la página, un sistema CAD, como lo imaginaron los pioneros, aumentaría la destreza de alto nivel de los diseñadores de automóviles, los arquitectos, los diseñadores de productos, los urbanistas, para realizar tareas que requieren el desplazamiento de líneas en una hoja. En el caso de CAD, la industria de las computadoras fue rápida en acogerse al liderazgo de la ARPA (aunque fueron más lentos en plegarse a la computación interactiva y el tiempo compartido). A principios de los años 60, no mucho tiempo después de Sketchpad, IBM construyó una herramienta de diseño computerizado para la General Motors. La sigla que usaba la IBM y la GM era DAC (diseño aumentado por computadora) pero la actividad terminó siendo conocida como CAD.

Muchas más cosas que la forma de los coches del año siguiente se pueden influenciar con las herramientas de diseño tridimensionales informatizadas. Como lo demuestran diferentes ramas de la investigación médica, el cuerpo humano es un tema de diseño tridimensional, una característica que es muy importante para cirujanos y diagnosticadores que tratan de analizar y repara las disfunciones fisiológicas mirando radiografías bidimensionales. Una de las primeras aplicaciones del HMD de Utah fue en medicina. Allá por el año 1971, un equipo médico que trabajaba con el grupo de Sutherland inventó un método para reparar la intersección simulada de dos grandes arterias. No mucho después, Frederick Brooks y su grupo de la Universidad de Carolina del Norte (UNC) empezó a extender el trabajo de Sutherland en imágenes médicas llevando médicos que cooperaran en el círculo de diseño. Sutherland siguió y estableció su empresa de simuladores de vuelo, Evans y Sutherland, luego trabajó con robots que caminan sobre piernas. Sus estudiantes fueron atrapados por la revolución del ordenador personal. La Universidad de Utah sigue siendo un centro de investigación e innovación en grafismo computacional, y otro proyecto asociando con la escuela médica, el desarrollo de sistemas mecáni-

cos y de control para la prótesis electrónica "Utah Arm" (el brazo de Utah convergió con un aspecto diferente de la tecnología de RV: el uso de interfac de ciberespacio para operar robots de control remoto.

CAD se desarrolló y se difundió en la industria durante los años 70 principios de los 80, como un lenguaje de comando bastante misterioso, p(deroso y caro para computadoras de gabinete grandes y costosas, y en ese r(catalizó enormes cambios en muchas industrias. Pero, al igual que las prim(ras computadoras, siguió siendo una herramienta para aquéllos que podía pagarla y aquéllos que se tomaron el tiempo de abrirse camino por las inte faces humanas diseñadas por ingenieros. Y siguió siendo una herramienta b dimensional para representar objetos tridimensionales. En lugar de ver un p lar o un carburado en el espacio, uno veía una representación esquemática seudotridimensional. En lugar de alcanzarlo y cambiarlo, uno marcaba un có digo del comando sobre el teclado. Carecía de las sensación de inmersión del poder de navegación, pero CAD era una herramienta poderosa para usa la pantalla de una computadora y las posibilidades de modelación a fin de es timular ideas. En los años 80, un programador llamado John Walker ayudó fundar una empresa denominada Autodesk con la convicción de que peque ñas empresas con ordenadores personales pagarían varios cientos de dólare por una herramienta CAD de ordenador personal que ofreciera una impor tante fracción de funciones de un programa CAD para máquinas grandes, qu costara miles de dólares. (Walker aparecerá en esta historia más adelante otr vez.) Ninguno de los principales vendedores de CAD se aventuró en las téc nicas de visión tridimensional hasta que llegó Autodesk en 1988 con su "Pro yecto Ciberia".

La idea de *inmersión* —uso de la estereoscopía, rastreo de la mirada otras tecnologías destinadas a crear la ilusión de estar dentro de una escen generada por computadora— es uno de los dos fundamentos en la tecnologí de la RV. La idea de *navegación* —crea el modelo computacional de una mo lécula o ciudad y habilitar al usuario a desplazarse como si estuviera en su in terior— es el otro elemento fundamental. Ninguno de esos elementos clave tienen por qué materializarse con una tecnología específica. Las imágenes pue den crearse mediante la óptica o la electrónica o ambas. La entrada gestua puede provenir de guantes o teclados o volantes. Displays de cabeza, guante que perciben la posición y el movimiento del dedo, y rastreadores magnético de posición de la cabeza pueden crear la sensación de inmersión y conceder e poder de navegación en ambientes simulados. Gafas y guantes no son la única manera de entrar en una computadora. Y tarde temprano las sensibilidades exteriores a las disciplinas de hardware y software estaban destinadas a integrarse al proyecto de crear la realidad. Aparece Myron Krueger, artista e ingeniero, soñador iconoclasta, el hombre que ha invertido veinte años usando la realidad artificial como un medio para le expresión artística de la interacción del hombre y la computadora.

"La respuesta es el medio": Myron Krueger y la realidad artificial

"La idea central de este libro es el Ambiente Sensible, un paradigma como el modelo del mundo de Hobbes a modo de una enorme máquina, que ayuda a comprender la esencia de nuestra experiencia presente y futura. Esa experiencia será caracterizada por sistemas de computadoras capaces de sentir nuestras necesidades y responder a ellas."

MYRON KRUEGER
Artificial Reality, 1983

"El ambiente sensible fue presentado como base para un nuevo medio estético fundado sobre interacciones en tiempo real entre hombres y máquinas. Nos augura a la larga un nuevo dominio de experiencia humana, realidades artificiales que no buscan simular el mundo físico, sino definir las relaciones arbitrarias, abstractas y de otra manera imposibles entre la acción y el resultado. Además, se ha sugerido que los conceptos y las herramientas de los ambientes sensibles pueden aplicarse provechosamente en una serie de campos...

"Estamos increíblemente hechos a la idea de que el único propósito de nuestra tecnología es resolver problemas. Crea también conceptos y filosofía. Debemos explorar más a fondo esos aspectos de nuestras invenciones, porque la próxima generación de tecnología nos hablará, nos comprenderá e intercederá entre nosotros y una gran parte de la información y experiencia que recibimos. El designio de una tecnología tan íntima es tanto un asunto estético como de ingeniería. Debemos reconocer esto si queremos entender y elegir en qué nos convertimos como consecuencia de lo que hemos hecho."

MYRON KRUEGER
Responsive Enviroments, 1977

Trepar dentro de un equipo de RV no es un ejercicio trivial. Hoy en día, si usted desea visitar el ciberespacio, debe colocarse guantes provistos de sensores y cubrirse el rostro con un display de cabeza, tal vez enfundarse en un traje completo. La puerta de entrada al país de la RV está formada por lo que Jaron Lanier, que comercializa esos elementos, llama "ropa computerizada". (Y en un negocio de venta de software de RV, he oído a los ciberianos referirse al display de cabeza, que estaba claramente confeccionado alrededor de una máscara "scuba", como el "succionador de la cara"). Cuando ciertos problemas técnicos estén resueltos, sin embargo, la realidad virtual quizá no sea nada de

lo que usted *lleva puesto*, sino que podría estar incorporado en el espacio que usted *habita*. No suena el ciberespacio más como un lugar que como un vestuario? En lugar de un CRT de cabeza, ¿no sería más conveniente si una pantalla tridimensional envolviera sencillamente el recinto de RV? En lugar de guantes y trajes, ¿qué pasaría si el cuarto tuviera complejos sensores que detectaran automáticamente su ubicación, posición, postura, aun la dirección de su mirada y sus expresiones faciales?

No estamos acostumbrados a pensar en sitios que entren en interacción con nosotros, tal vez hasta jugar con nosotros. ¿Cómo jugaría un sitio con una persona, aun si pudiera? ¿Cual sería el objeto de semejante ejercicio? Estas líneas de indagación podrían llegar a ser algo más que meras especulaciones filosóficas. Esa idea semifantástica de interacción con un espacio inteligente apuntaría a un lugar en la que las inteligencias del hombre y de la máquina quizá se encuentren. Ya estamos rodeados y sostenidos por tejidos de computadoras. Pero la mayoría de nosotros no puede comunicarse realmente con ellas, y los que operan las computadoras están obligados a usar lenguajes artificiales en lugar de nuestras herramientas familiares de habla, gestos, expresión, postura. Si fuéramos capaces de tener una interacción más natural con las computadoras, una sala casi sensible parecería un lugar viable para establecer comunicaciones con la nueva cultura electrónica universal que hemos construido.

Myron Krueger, el hombre que me hizo pensar en esas cuestiones, todavía parece demasiado joven para ser considerado el "abuelo" de cualquier cosa —"juvenil" es el adjetivo que siempre se me ocurre cuando lo veo— pero por cierto llena los requisitos para ser llamado uno de los padres fundadores de la tecnología ciberespacial. Es suficientemente maduro para tener hijos de veinte años. Su cabello rubio se muestra gris por las sienes, pero algo en su rostro impide que se parezca a una eminencia gris. Las comisuras de los ojos traicionan la presencia de un bromista al acecho, detrás de su apariencia cultivada.

Krueger me recuerda a otros visionarios que he conocido, personas que han perseguido empecinadamente fuertes visiones personales, pese a la falta de reconocimiento de la opinión pública. Es difícil no sentirse herido personalmente cuando uno ve la manera de hacer el mundo mejor, pero los demás no lo ven. Y luego, veinte o treinta años más tarde, debe ser frustrante cuando todos empiezan a caer en la cuenta de la posibilidad que uno había procurado señalar y todos empiezan a correr los callejones, sin salida o no, que usted había explorado con tanto cuidado años atrás.

Vi por primera vez a Krueger cuando paso por mi casa en California, no mucho después que yo empezara a escribir este libro. Sabiendo lo que sé acerca de su mala suerte con los periodistas en épocas pasadas, no pude evitar sospechar que él había respondido a mi invitación sólo para asegurarse de que yo no ignoraba su lugar en la historia de la RV: le costó años encontrar un editor para su libro *Artificial Reality*. en abril de 1989, cuando *The New York Times* publicó en primera plana el artículo "¿Qué es la realidad artificial?", no se

mencionó a Krueger, que había inventado el término. Cuando yo le llamé para presentarme, descubrí que él ya sabía acerca de mi libro.

Estaba en California unas semanas después de nuestra conversación y aceptó la invitación de visitarme. Yo tenía curiosidad por conocer las razones que él había tenido para trabajar en su enfoque de la realidad artificial, a pesar de los reveses, durante todos estos años.

Nos sentamos ante mi mesa de cocina y hablamos durante horas.

Meses más tarde, cuando tomé el tren desde New York a Hutford para visitarlo y ver su laboratorio de realidad artificial, Krueger alquiló un coche para transportarme a la Universidad de Connecticut, porque el cinturón del asiento del lado de pasajero en su propio coche no funcionaba. hace cosas como ésa. Y la escasez de recortes que pude recoger sobre él dejaron en evidencia que Myron Krueger no había sido asediado por hordas de periodista e historiadores, pese a los años de arduo trabajo realizado en lo que hoy parece ser un avance tecnológico fundamental. Él se sentía verdaderamente feliz de ver a alguien que estuviera tan interesado en sus ideas como para hacer el viaje a Storrs, Connecticut.

Aunque la tendencia principal de las investigaciones de ciencia, industria y tecnología de RV abarcara ilusiones modeladas por computadora y displays visuales de tres dimensiones, otra visión que viene del pasado y que tal vez llegará a ser cada vez más importante en el futuro, es la idea de que a las propias paredes que nos rodean se les hiciera conocer la conducta humana y ellas aprendieran a respondernos. La parte del sistema que anima la sensación de inmersión en interactividad, la sensación de encontrarse en un tipo de espacio diferente, evolucionaría en direcciones distintas de las máscaras succionadoras de la cara y trajes cargados de sensores. En la medida en que "la sala de los medios", más que "los guantes y gafas de la realidad" es una visión fuerte, si bien técnicamente difícil, para el futuro de la RV a largo plazo, a Myron Krueger debe reconocérsele su temprano trabajo en el campo de lo que él llamo "realidad artificial". En verdad, es difícil encontrar hoy un frontera que Krueger no haya explorado (con la ayuda de tecnologías hoy obsoletas), décadas atrás. Sin embargo, como Morton Heilig y Doug Engelbart, Myron Krueger parece haber hecho una carrera precipitándose entre los armazones conceptuales de científicos y artistas, tecnólogos y académicos, computadores científicos y educadores, ejecutores y programadores. El y yo hemos conversado acerca de la extraña historia de su vida y Krueger admite: "Nunca me he desviado de mi camino para integrarme en las categorías". Los años 90 empezaron a traerle el reconocimiento que podían haberle brindado veinte años atrás. cuando todo el hardware y el software que hacen posible la RV evolucionen hasta el punto en que ya no los notemos, la gente pasará a averiguar qué harán los seres humanos con las facultades únicas que les da el nuevo medio. los investigadores de la RV del futuro harán bien en recordar algo que Krueger había dicho durante dos décadas: "La respuesta es el medio".

Krueger creía, desde el principio de sus búsquedas, que hasta ahora com-

prendían cuartos llenos de implementos electrónicos hechos en casa y decenas de miles de horas de programación, que los efectos visuales y auditivos, las imágenes de video y la gráfica computacional, las tecnologías de entrada y los sistemas de display y el software que controla todo, pueden considerarse como una herramienta para producir nuevos tipos de conductas humanas. Está bien y es necesario concentrarse en las herramientas —admitía Krueger—, pero, por favor, no sigamos ignorando los componentes conductistas, psicológicos, sociales y artísticos, seguía él argumentando.

En el centro de todos los sistemas de RV hay una experiencia humana, la experiencia de encontrarse en un mundo no natural o remoto. La atención es el instrumento en el ciberespacio. Pintores, poetas, terapeutas, maestros, chamanes y dramaturgos podrían contribuir con algo a nuestro conocimiento sobre el aspecto empírico de la RV y mucho se aprenderá con sólo inventar nueva formas de arte. Así como los impresionistas iniciaron la revolución perceptual en el ambiente de la pintura al óleo en el apogeo de la revolución industrial, parcialmente en reacción a la cosmovisión mecánica generada por la introducción de la cámara, los futuros artistas tendrán que esgrimir implementos de RV como si fueran pinceles y fagots, y pintar el silencio con las posibilidades que sólo los artistas pueden mostrarnos. Si el arte consiste en ver el mundo de nuevas maneras, y la RV es un instrumento para crear mundos, los artistas quizá provean la pista de una pregunta clave: si nuestra tecnología llegara alguna vez a permitirnos crear cualquier experiencia que deseáramos, ¿qué clase de experiencia desearíamos crear?

Como les sucedió a otros en la historia de la RV, Myron Krueger tuvo una especie de experiencia de conversión (en realidad, varias) que lo impulsó a seguir su visión particular de la tecnología del ciberespacio durante las dos décadas pasadas. Yo lo conocí casi exactamente veinte años después del día en que GLOWFLOW quedó abierto al público. En abril de 1969, los visitantes de la Memorial Union Gallery de la Universidad de Wisconsin, en Madison, tuvieron la oportunidad de presenciar y participar en el evento que lanzó a Krueger en el camino hacia la realidad artificial (un término que él empezó a usar en sus propuestas alrededor de 1974). GLOWFLOW no usaba el grafismo computerizado pero creaba efectos visuales mediante el uso de otras tecnologías. Minicomputadoras y sintetizadores de sonido ocultos y una red de tubos llenos de fluidos coloreados fosforescentes transformaban un espacio oscurecido en algo que nadie había visto antes. Krueger, que era licenciado en la época en que fue incitado a incorporarse al proyecto GLOWFLOW, ha estado trabajando desde entonces en torno al ambiente en última instancia, una "realidad artificial" que simplemente rodea al usuario, sin cargar las manos o la cabeza con guantes o gafas.

GLOWFLOW usaba las propiedades de un ambiente de luz y sonido controlado por computadora, para dar a los participantes la sensación de habitar un espacio que respondía a la atención y la conducta humanas. Las paredes del entorno de GLOWFLOW estaban revestidas con columnas verticales opacas

y tubos de vidrio horizontales, transparentes. Partículas fosforescentes estaban en suspensión en el agua y circulaban por los tubos a intervalos, pasando a través de las columnas en las cuales luces ocultas activaban por momentos la sustancia fosforescente creando vectores instantáneos de luz que flotaban en el espacio y desaparecían en la oscuridad. Las figuras se encendían y se apagaban de acuerdo con las instrucciones impartidas por una computadora oculta detrás de un tabique; el espectáculo de luces era acompañado por sonidos electrónicamente sintetizados. La parte interactiva del ambiente estaba empotrada en el piso, donde placas sensibles a la presión facultaban a los miembros del auditorio a controlar los displays de luces y sonidos, ignorando su rol en la representación. A diferencia de las tecnologías de la RV de hoy, la maquinaria en GLOWFLOW era en su mayor parte invisible. El efecto producido en la gente en las galerías era, empero, extraordinario.

En 1983, Myron Krueger escribió sobre GLOWFLOW lo siguiente: "El público tenía reacciones asombrosas con respecto al ambiente. Se formaban grupos entre extraños. Juegos, palmadas y cantos surgían espontáneamente. La sala parecía adoptar modalidades, mortalmente silenciosa a veces, otras, estridente y bulliciosa. Las personas inventaban roles para sí. Una mujer se puso en pie junto a la puerta y besaba a cada hombre que entraba mientras él estaba desorientado todavía por la oscuridad. Otros actuaban como guías explicando qué eran los elementos fosforescentes y qué hacía la computadora. De muchas formas la gente de la sala parecía primitiva, explorando un ambiente que no comprendían y tratando de amoldarse a lo que conocían y lo que esperaban. Puesto que la difusión de GLOWFLOW mencionaba esa sensibilidad, muchos estaban preparados para pasar por la experiencia y se iban convencidos de que la sala les había respondido de un modo que no ocurrió. Se observaban constantemente esas supersticiones en un público universitario refinado".

Los artistas que habían recurrido a su ayuda estaban empeñados en mantener una actitud contemplativa con respecto a la obra. Krueger quería centrar su atención en el conocimiento que tenían los miembros individuales del auditorio de la manera en que sus acciones influían en las manifestaciones de luz y sonido. El espacio artificial visible y audible era hermoso, pero para Krueger era más interesante el modo en que ese nuevo lugar provocaba fuertes reacciones humanas. GLOWFLOW podía ser, según Krueger, un instrumento para escudriñar ese nuevo territorio psicológico desconocido con el que había tropezado. Pero los artistas insistieron en introducir demoras y disimular la exacta relación entre los movimientos de los participantes y las reacciones del entorno. Krueger decidió construir un ambiente artificial que se centrara en los aspectos que le interesaban a él.

En los primeros años de su carrera, Krueger decidió que, si bien el uso de las computadoras para amplificar las artes tradicionales visuales, musicales y dramáticas era una aplicación legítima de la tecnología, ninguna de esas herramientas artísticas aprovechaba las propiedades únicas en su género de la

computación. En efecto, nadie había indagado seriamente cuáles podían ser esas propiedades únicas. Empezó a vislumbrar los contornos de lo que esas propiedades únicas podían aportar a una forma pura de arte computacional; y lo que es más importante, después de GLOWFLOW, empezó a ver modos de experimentar con el potencial artístico único de las computadoras, y así probar sus hipótesis. Esa experimentación por sí misma era una diversión, pero Krueger creyó también desde el principio que los "ambientes responsivos", como empezó a llamarlos, eran laboratorios para descubrir cómo armonizarían los humanos con el entorno tecnológico, en lugar de reaccionar meramente con sobresalto y miedo a las nuevas herramientas que penetraban en sus vidas.

Krueger sigue creyendo que el arte computacional es básicamente interactivo: "Otros usos artísticos de la computadora son de interés —admite—, pero no constituyen una nueva forma de arte". Krueger no tenía interés en objetar la legitimidad de otras artes basadas en la computadora; sencillamente, quería demostrar que las más apropiadas podían ser instrumentos del descubrimiento. Construyó esas herramientas en estudios de ingeniería, las exhibió en galerías y las presentó en experimentos sociales. Para Krueger, los ambientes responsivos eran laboratorios de experimentación en educación, psicología, arte e informática, todo al mismo tiempo. Los que participaron en los experimentos de exhibición estaban entusiasmados, pero los teóricos tanto de ates como de ciencias reaccionaron de forma confusa. Los ambientes sensibles como los concibió y construyó Krueger no eran la clase de producto o presentación que los artistas estaban acostumbrados a ver en el arte. No son pinturas que puedan ser reproducidas, ni siquiera composiciones musicales que puedan identificarse por sus autores, sino realidades verdaderamente artificiales que presentan restricciones sociales invisibles y oportunidades de comunicación, invitan a cierto tipo de conductas y desaniman otras, amplifican algunos aspectos del pensamiento humano y disimulan otros.

Después de GLOWFLOW, Krueger fabricó otra clase de ambiente responsivo. METAPLAY se exhibió algo más de un año después de GLOWFLOW, en mayo de 1970, otra vez en Memorial Union Gallery, en Madison. (Un kruegerismo que parece haber persistido durante los últimos veinte años es el uso de mayúsculas, un resabio de los días en que las mayúsculas eran el único tipo de texto que las computadoras podían imprimir.) Según palabras de Krueger, "los tradicionales criterios del arte, la belleza y la sutileza sensible fueron dejados de lado. El foco se situaba en la propia interacción y en la conciencia de los participantes de la interacción". Con METAPLAY, auspiciada por la National Science Fundation y el Departamento de las ciencias de la computación de la Universidad de Wisconsin, Krueger fue más allá de las simples líneas de luz y sonido sintetizados, incluyendo videocámaras, pantallas de video con proyección posterior, instrumentos de grafismo computerizado y 800 conmutadores sensibles a la presión. Krueger convenció a la Digital Equipment Corporation (DEC) que le presentara una computadora PDP-12 (la descendiente,

una década más tarde, de la PDP-1 que había provocado la experiencia de conversión de Licklider, y el ancestro de las computadoras DEC usadas como máquinas de la realidad en varios centros de investigación).

Una pared de la sala de METAPLAY fue reemplazada por una pantalla de 2,4 por 3 metros de proyección posterior; un proyector de video estaba oculto detrás de la pantalla y también lo estaba una cámara de video orientada al área de participación. Los participantes podían mirar la pantalla y ver a veces sus propias imágenes en video que quedarían cubiertas por imágenes de grafismo computerizado. Los conmutadores sensibles a la presión estaban ocultos en el suelo, bajo una capa de polietileno negro. Entre los participantes y el ambiente, intervenía un intermediario humano, que controlaba el proceso mediante monitores de video en un centro ubicado en otro edificio.

En la sala de METAPLAY, unos pocos participantes miraban la pantalla en la cual se habían proyectado sus videoimágenes. En la sala de control, a cuatrocientos metros de allí, en un tablero de dibujo, el intermediario creaba diseños y los exhibía en uno de los primeros sistemas de grafismo computerizado de propósito especial, una Adage Graphic Display Computer. Una videocámara apuntaba al monitor de la Adage y la señal de ésta pasaba a través de una mezcladora junto con el proyector del video en vivo que provenía de la sala de METAPLAY. Con este método la gráfica computerizada se convertía al formato de video. La gráfica computacional y las entradas de video en METAPLAY estaban todas bajo el control del intermediario, y éste podía superponer los dibujos de la computadora, trazados con marcador y un tablero, sobre la imagen de video del auditorio captado con la cámara. Diversas perillas y diales permitían al intermediario contraer, expandir y usar otros efectos especiales, ya sea para displays de video o de grafismo computerizado.

Con la esperanza de provocar una reacción en uno de los primeros auditorios de METAPLAY, Krueger seleccionó a uno de los participantes y usó el tablero para superponer un contorno de luz sobre la mano de él. Cuando el participante movía la mano, Krueger trazaba rápidamente un nuevo contorno en la nueva posición de la mano. Entonces el participante invirtió los papeles con Krueger y lo transformó de invisible bromista en un colaborador artístico. El participante empezó a usar el dedo como lápiz y remedó el acto de "dibujar" una línea en el aire. Krueger trazó una línea que siguió el gesto del participante. La línea apareció en la pantalla, del tamaño de una pared, en el espacio de exhibición de METAPLAY para que lo vieran todos. Desde ese momento, el ambiente mismo y el comportamiento del intermediario escondido se convirtieron en un dispositivo mágico para trazar líneas en el espacio de video. Los participantes de METAPLAY descubrieron que podían pasar el control del "dedo mágico" de uno a otro tocándose los dedos. Una posibilidad inherente al sistema, pero no proyectada por su creador, se había manifestado a través de la interacción. El participante jugaba con las capacidades del espacio artificial, descubriendo así una nueva herramienta. Y el intermediario

entró en el metajuego con las reacciones de los participantes para llamar la atención sobre esa posibilidad inherente.

Su obra siguiente, en 1971, fue PSYCHIC SPACE, un "ambiente compuesto". Las paredes y el techo estaban cubiertos con polietileno negro, el suelo contenía seis filas de ocho módulos de 60 por 120 centímetros, sensibles a la presión, y una pared falsa ocultaba una pantalla de proyección posterior, del tamaño de una pared, opuesta a la pared fosforescente. Nuevamente, una cabina de control en el centro de cómputos del otro lado del campus recibía una imagen de video de la cámara junto con mensajes de los sensores del suelo, procesaba esa información mediante programas de computadora y realimentaba displays de video, mezclados con gráfica computada, que los participantes percibían en tiempo real. De esa manera, una estrecha relación entre los movimientos de los participantes dentro del espacio físico y la respuesta de los displays audiovisuales se hacía explícita en el diseño del ambiente.

PSYCHIC SPACE era una herramienta para crear una diversidad de realidades. En el laberinto, Krueger se dio maña para diseñar una divertida interacción dentro del espacio virtual definido por el display de video y el suelo sensible a la posición. Al entrar solo en el PSYCHIC SPACE, un participante encuentra en el laberinto un símbolo gráfico en la pantalla, que corresponde a su posición en el recinto; al adelantarse, el símbolo se acerca al borde superior de la pantalla, al retroceder alejándose de la pantalla, el símbolo se acerca al borde inferior. Los movimientos hacia la izquierda y la derecha también se reflejan en la pantalla. Después que el participante pareciera entender la relación entre el movimiento dentro del espacio y la posición de un objeto gráfico, el laberinto coloca automáticamente otro objeto gráfico en la pantalla en un lugar distinto. Invariablemente, el participante camina hacia la parte de la sala descrita por el segundo objeto, para ver qué ocurriría si ambos objetos ocuparan el mismo lugar. En ese momento, otro laberinto aparece en la pantalla; los participantes caminan entonces por un suelo oscuro si marcar y se abren paso a través del laberinto virtual observando los movimientos de su símbolo en la pantalla del tamaño de una pared.

Resolver simplemente el laberinto sólo originaba otro laberinto; finalmente, los participantes se daban cuenta de que al parecer no había forma de "ganar". Cuando el participante decidía "hacer trampa", sin embargo, y el laberinto respondía extendiendo una frontera de modo que el participante no pudiera cruzarla, o la desplazaba un bloque más allá, dondequiera se detuviera el participante, el propósito de la interacción —jugar con los límites mentales cuya existencia suponemos, como las reglas del laberinto ingobernable— empezaba a aclararse. El laberinto era un juego de ideas, inventado por Krueger, instrumentado por un programa de computadora, usando movimientos y señales visuales como fichas, que se jugaba en el espacio de PSYCHIC SPACE para crear un lugar virtual que existía principalmente en el interior de la mente del participante. El "espacio psíquico", oculto dentro de la sala oscurecida, se creaba, pues, por un proceso de experimentación y descubrimiento.

Entre los años 1972 y 1974, los experimentos que Krueger siguió realizando con diferentes sistemas para percibir la posición y responder a imágenes de video llevaron a la creación de un instrumento de laboratorio para la realidad artificial de fines generales. Después de PSYCHIC SPACE, Krueger se puso a trabajar en VIDEOPLACE. Aunque una versión preliminar fue exhibida en octubre de 1975 en el Milwaukee Art Center, ese ambiente estaba destinado a ser un laboratorio abierto que evolucionaría en un período de años. Ahora que había echado una ojeada a las posibilidades de mezclar video, grafismo computacional y detección de gestos y posición, Krueger tenía una idea de cuánta potencia podría ganar con el poder de la computación que iba incrementándose en aquel entonces. Problemas de computación como el reconocimiento de modelos en video —un programa que podría analizar una imagen de video de alguien y determinar si estaba o no apuntando a un objeto en la pantalla— habrían sido impensables con las computadoras de las que él podía disponer en los años 60, pero las máquinas de finales de los 70 hicieron posible que él soñara en un sistema que no sólo registrara sino reconociera las posiciones o gestos de los participantes en un ambiente responsivo.

A mediados de los años 70, VIDEOPLACE, un laboratorio de realidad artificial avanzado en aquel entonces, había emigrado a la Universidad de Connecticut. Esa idea de una nueva clase de ambiente, creado por las percepciones humanas, a instancias de o por mediación de las tecnologías de video y computación, continuó siendo un tema importante en sus investigaciones. En su informe de 1977 a la National Computer Conference, Krueger escribió esta declaración sobre VIDEOPLACE, revelando algo de sus ideas respecto de la índole de las "realidades artificiales" que él construía:

> *"VIDEOPLACE es un ambiente conceptual sin existencia física. Une personas que se encuentran en sitios separados, en una experiencia visual común, permitiéndoles que actúen entre ellas de maneras inesperadas a través del video como medio. El término VIDEOPLACE se basa en la premisa de que el acto de comunicación crea un lugar formado por la información que los participantes comparten en ese momento. Cuando las personas se encuentran en la misma habitación, los lugares físicos de comunicación son los mismos. Cuando los que se hablan están separados por una distancia, como en una conversación telefónica, sigue habiendo una sensación de estar juntos aunque la vista y el tacto no sean posibles. Usando la televisión en lugar del teléfono, VIDEOPLACE busca aumentar esa sensación de lugar incluyendo la visión, la dimensión física y una nueva interpretación del tacto."*

Las primeras versiones de VIDEOPLACE constaban de dos o más salas separadas entre sí por varias distancias geográficas. Las cámaras de video, las mezcladoras y los proyectores hacían posible que la gente, en cualquiera de las distintas salas, entrara en interacción con las imágenes de video de otros que estaban físicamente en otra parte. Krueger había observado en ese tiem-

po que las personas se identificaban con realismo, casi físicamente, con sus imágenes en video, aun en forma de siluetas. En un experimento temprano, cuando Krueger y un asistente en un lugar lejano usaban siluetas de video de sus propias manos para señalar objetos en un espacio de video compartido, él, por casualidad, movió la imagen de su mano de forma que ésta se intersectó con la imagen de la mano de su asistente. El asistente apartó su mano como si hubiera sido tocado. De una manera visceral, al mezclar imágenes de video de las personas de forma tal que fueran visibles para éstas, se creaba una nueva clase de espacio de comunicación, que incluía una sensibilidad a los límites del cuerpo virtual de uno.

¿Qué se podía hacer con ese extraño medio híbrido? "Dejen que la gente juegue con él y lo descubran por sí mismos", era siempre la respuesta de Krueger. Como escribió en un artículo posterior en *Leonardo*, una revista sobre arte y tecnología: "En VIDEOPLACE, dos fuerzas culturales fundamentales —la televisión, proveedora de experiencia pasiva, y la computadora, símbolo de una tecnología formidable— han sido casadas para producir un medio expresivo que comunicara un espíritu lúdico y una participación incitante".

La idea de teléfonos con imágenes ha sido tema de artículos de suplementos dominicales durante décadas, pero los experimentos en teleconferencias por video nunca han tenido demasiado éxito. Sin embargo, los teléfonos con imágenes representan meramente la imagen en video de los comunicantes en sus espacios físicos respectivos. Krueger hizo la decisiva modificación de colocar las imágenes de video de todos los interlocutores juntos en un espacio de video compartido, visible para todos. Ya en el año 1977, Krueger reconoció que estaba experimentando con una nueva forma de telecomunicación, así como una nueva forma de interacción con las computadoras, una declaración que adquiere un nuevo sentido hoy en día, cuando las compañías japonesas de telecomunicación invierten decenas de millones de yens en las investigaciones de comunicación de RV.

El ambiente responsivo no se limita a una expresión estética. Es una herramienta poderosa con aplicaciones en muchos campos. VIDEOPLACE generaliza claramente el acto de la telecomunicación. Crea una forma de comunicación tan poderosa que dos personas podrían optar por encontrarse visualmente, aunque fuera posible para ellas encontrarse físicamente. Si bien no resulta obvio que VIDEOPLACE sea el medio óptimo para comunicarse a distancia, es razonable decir que provee una interacción infinitamente más rica de lo que permite el teléfono con imágenes. Amplía la gama de posibilidades más allá de los esfuerzos habituales en teleconferencias. Aun en su etapa fetal, VIDEOPLACE es mucho más flexible que el teléfono después de cien años de desarrollo. En una época en que el costo del transporte está creciendo y las fibras ópticas prometen reducir el costo de las comunicaciones, parece conveniente investigar el acto de comunicación en un sentido intuitivo tanto como en los enfoques estrictamente científicos y de resolución de problemas que prevalecen hoy.

Físicamente, la zona pública de VIDEOPLACE es una sala de 5 por 7 metros, con una pantalla de video del tamaño de una pared y una cámara de video. El hardware básico para captar y exhibir imágenes de video, mezcladas con gráficos, es el mismo: Krueger se concentró en mejorar las partes del sistema que dieran a la sala un mayor grado de receptividad en cuanto al comportamiento humano. Esto se lograba por una combinación de hardware de fines especiales y técnicas de software para analizar la imagen de video. A fin de simplificar la tarea, Krueger decidió hace tiempo trabajar con las siluetas coloreadas de los participantes y dejar para más adelante las imágenes plenas de video. Con una silueta se hizo posible analizar imágenes enfocando los pixels y las líneas de barrido en una imagen. Y aplicando una serie de transformaciones matemáticas a la información analizada de esa manera, se podían hacer determinaciones de mayor nivel automáticamente: se podían detectar bordes, ubicar exactamente intersecciones de objetos y determinar la orientación de las líneas.

Una línea en una pantalla, visible para un participante, consta de una cantidad de pixels adyacentes en una o más líneas de barrido que son activadas por un rayo de electrones de CRT; la posición y estado de cada pixel podían ser almacenados, y actualizados en la memoria de la computadora. La computadora puede determinar cuáles pixels están o no en cada línea, efectuar los cálculos en esos puntos extremos y someter así la imagen digitalizada a ciertas pruebas matemáticas. Conociendo la posición de los puntos extremos de una línea, por ejemplo, y luego probando esos extremos después de una cantidad específica de barridos, resulta posible determinar si la línea está quieta o se mueve. Controlando la posición de los pixels de imagen en la pantalla, es posible rastrear el borde superior o inferior de una imagen. Se pueden distinguir las curvas de las líneas rectas. Se puede proyectar una serie de ensayos sencillos que sirvieran de base para crear un modelo de una actividad captada por la videocámara, y ése sería el método para enseñar a una computadora a reconocer automáticamente si una persona está señalando, saltando o moviéndose, y responder al movimiento en la forma debida en tiempo real.

El problema de acercar la percepción humana a la tecnología y luego someterla a prueba consiste en que la percepción humana hace cosas que ninguna tecnología puede hacer. El problema de instrumentar un sistema capaz de reconocer formas simples en una computadora universal está en que semejantes cálculos pueden incrementar de tal manera la demanda de capacidad de la computadora que no sea posible hacerlos en tiempo real; y así, la interactividad, el *sine qua non* de Krueger, sufre cuando aumenta la exigencia de precisión en cuanto al reconocimiento de modelos. Usted puede poner una imagen sencilla o borrosa en una pantalla rápidamente, e incluso desplazarla, pero si desea colocar una imagen más precisa o más compleja, no es posible moverla con la misma rapidez.

Agregar inteligencia al sistema sin hacerlo más lento era un desafío técnico máximo. Krueger, ingeniero electrónico autodidacta, hizo exactamente lo

que había hecho Ivan Sutherland con los primeros displays de cabeza cuando construyó divisores en secciones y multiplicadores de matrices para ejecutar algunas funciones especiales a velocidades muy grandes con circuitos específicos en lugar de realizar esas funciones más lentamente, programando en una computadora universal.[1] Las computadoras universales pueden ejecutar muchas tareas diferentes con bastante rapidez, una rapidez extremada desde el punto de vista de los humanos. Eso no significa que las computadoras pueden ejecutar *todas* las tareas tan rápidamente. La índole intensiva de computación del grafismo significa que cuanto más compleja sea la serie de test que usted hace para procurar comprender lo que ocurre en una escena, y cuanto más a menudo desea ejecutar esos tests en la información de entrada, tanto más demorará el proceso de salida. Si, no obstante, se pudiera construir un procesador específico para ejecutar un test específico como lo pueden hacer los circuitos electrónicos, es posible llevar a cabo cálculos de propósitos especiales, a velocidades mucho más grandes de lo que pueden hacerlo las computadoras universales. Así que Krueger confeccionó procesadores especiales, llegando a doce unidades en 1990, para realizar subconjuntos de funciones críticas de reconocimiento de patrones muy rápidamente. Cada procesador hecho en casa que él agregó a VIDEOPLACE a lo largo de los años fue el algoritmo de una visión optimizada en el silicio, un circuito construido que hacía lo que podía hacer un programa específico de reconocimiento de modelos, pero con mucha mayor rapidez.

—Hay procesadores para determinar si una línea es larga y delgada o corta y gruesa, procesadores para medir curvas y contornos, procesadores para contar todos los cruces de líneas, procesadores para hallar los bordes de un objeto —explicaba Krueger en 1990. Él quería poder examinar una silueta de video y determinar de forma automática si la persona en la imagen de video hacía un ademán; esa indagación lo metió de lleno en uno de los problemas más enmarañados de la robótica y la IA.

Hay algo que debe estar incorporado en esa arquitectura de hardware y software y que Krueger cree que debe dominar en todos los niveles del diseño de la realidad artificial: *el contexto*. Es ahí donde interviene el modelo del mundo, creado para la computadora universal. En el contexto de un cuerpo humano, la línea más alta de una silueta implica la parte superior de la cabeza, el extremo derecho de un borde delgado señala la punta de un dedo, y en el contexto de una gramática gestual aceptada, es un indicador que hace prestar atención hacia dónde apunta. El contexto puede ser psicológico o social: la propensión humana a la resolución de problemas era la parte del contexto para el laberinto. Sombras, perspectivas, paralajes y otros fenómenos visuales son partes del contexto perceptivo para la experiencia cognitiva de estar inmersos en un mundo tridimensional. Es una especie de reconocimiento intuitivo de la textura de ciertas complejidades, que nos capacita para ver las partes clave de un sistema complejo en una forma simple. Nuestros ojos parecen tener circuitos

1. O de propósitos generales. *(N. del T.)*

preparados para detectar los bordes, los objetos que se mueven rápido, puntos rojos, pequeñas cantidades de luz, pequeños movimientos en grandes ambientes. Es una manera en que los humanos atraviesan el embrollo de cálculos que debe implicar el reconocimiento de figuras que hacemos cada segundo, sin pensarlo.

CRITTER, un experimento de VIDEOPLACE para construir una criatura artificial en busca de un contexto, es un dibujo animado parecido a un animalejo que juega con la imagen de video del participante. Imagínese entrando en una sala donde una brillante imagen azul de su silueta aparece sobre un fondo rojo de una pantalla del tamaño de una pared. Usted está solo en la sala, pero en la pantalla parece tener un compañero, un dibujo animado amarillo, redondo, de cuatro patas que se escurre por la pantalla, fuera de su alcance. Si usted lo persigue, CRITTER lo elude. Si usted se queda quieto, se mueve hacia usted; si se aparta, lo sigue. Si usted se queda quieto y extiende la mano alejándola de su cuerpo, CRITTER se posará en ella. Si usted cambia de posición, CRITTER se pegará a su silueta hasta que usted vuelva a quedarse quieto, y luego seguirá trepando por el contorno de usted. Cuando alcanza el borde superior de su cabeza en la imagen, danza una giga, la primera vez. Si llega a la cima otra vez durante esa interacción, CRITTER retrocederá y se adelantará si sus manos están a sus costados, pero dará una voltereta y caerá en su mano, si está extendida a nivel del hombro. Según como se mueva usted y la historia de sus interacciones, CRITTER ejecutará trucos aparentemente conscientes, dentro del espacio virtual de VIDEOSPACE. Hasta ahora, las líneas de código de programación que constituyen la personalidad de CRITTER suman decenas de miles.

Cuando estuve en Connecticut, el verano de 1989, VIDEOPLACE estaba en camino a Japón, donde Krueger y su última versión permanecieron una semana en la ceremonia de inauguración de una "ciudad de la ciencia" japonesa. Yo había decidido salir para ver el laboratorio de Krueger, aun cuando su equipo estuviera en tránsito, a fin de continuar la conversación que se había iniciado junto a mi mesa de cocina. El equipo que él usa parece extraño y arcaico, comparado con los displays de cabeza y la ropa cibernética que usan otros laboratorios de RV, pero Krueger simplemente invirtió más horas en construir espacios artificiales y hacerlos funcionar que cualquier otro en el mundo de la RV. Me recogió en Hartford en su coche de alquiler. Viajamos a Storrs y cruzamos el campus. Su laboratorio de realidad artificial está ubicado al fondo del Museo Estatal de Connecticut de Historia Natural, en una sala que olía justo como cualquier museo de historia natural al que mi madre me enviaba cuando yo era pequeño. Filas de rapaces —halcones, águilas americanas—, "la mejor colección de aves de Nueva Inglaterra", miran fijamente en silencio desde sus cubículos. Techos altos, pisadas que resuenan, el fresco olor a selva de un viejo museo en un día de verano.

Uno de los elementos del equipo que Krueger había despachado a Japón era una versión de escritorio de una realidad artificial al estilo de VIDEO-

PLACE: el VIDEODESK. Una cámara encima de su laboratorio capta la imagen de sus manos, en silueta; una cámara encima de los escritorios de sus remotos socios capta las imágenes de las manos de ellos. En un espacio de video compartido, usted puede usar las manos para apuntar con un gesto a un texto o a un material gráfico. "Puedo devolverle el espacio de su escritorio. No hay necesidad de un ratón o un teclado físico. Un gesto puede hacer que un teclado se proyecte sobre un escritorio artificial. Usted podría pintar con sus dedos o con un sistema de dibujo tridimensional, puede modelar 'arcilla gráfica' con sus manos." Siempre en busca del grial, siempre tres pasos por delante en el desarrollo de la tecnología, siempre algo fuera de sincronía con todos los demás, siempre un paso por detrás de los fondos disponibles, Myron Krueger entra a la carga en la década de los 90 con todo su ímpetu. La última vez que conversamos, estaba negociando con una estrella de rock internacional para organizar exhibiciones, diseñando un sistema de entrada gestual para un importante fabricante de ordenadores personales y elaborando los proyectos preliminares para una exhibición en España.

Terminé visitando Japón seis meses después que Krueger. VIDEOPLACE había formado parte de un acontecimiento llamado, al estilo japonés levemente pomposo, "País de las maravillas de ciencia y arte". Era una ceremonia de una semana de duración y que celebraba la inauguración del Kanagawa Science Park, un complejo de investigación y desarrollo auspiciado por una prefectura fuera de Tokio. El VIDEOPLACE estaba instalado en un laboratorio, en uno de los cuatro edificios de veinte pisos que constituían el flamante complejo de investigación. Los japoneses, según parece, no sólo están interesados en "ciencias y artes" sino que están empeñados en construir la clase de herramientas de comunicación con las que Krueger ha soñado durante décadas.

Con los años, varios de los experimentos conexos empezaron a producir sus propias culturas de medios anteriores a la RV. En los años 70, Kit Galloway y Sherrie Rabinowitz usaron el concepto de espacio de video en un experimento geográfico denominado Agujero del Espacio: una gran pantalla y una cámara de video fueron instaladas en un espacio público de Nueva York; otra instalación se hizo en Los Ángeles. El resto correspondía a cualquiera que acudiera al experimento. La gente empezó a reaccionar entre sí. Se difundió la noticia y el público recurrió al teléfono para fijar citas y encontrarse en el Agujero del Espacio, que se mantuvo durante días por un tiempo: un sitio de electrones y gestos, creado por humanos y tecnología, explorando las fronteras de un nuevo medio de comunicación. Un proyecto similar se llevó a cabo en el Xerox PARC a fines de los años 80; el PARC mostraba la vista en video de una sala con otra instalación de Xerox en Oregón. El público solía concertar encuentros, o sencillamente caminaba hacia los respectivos extremos del espacio de video compartido de doble sentido y de tiempo completo, entablando conversaciones de café. Mientras hacía investigaciones para este libro, vi intentos decididos de duplicar el trabajo de Krueger y otros primeros trabajos en espacios de video compartidos, tanto en Japón como en los Países Bajos.

Aunque Krueger dio los primeros pasos en las varias investigaciones que se desarrollan hoy con seriedad desde Kyoto hasta Eindhoven, su investigación no estaba en la corriente principal de una temprana aparición de la RV. La RV como la conocemos hoy no floreció directamente a partir del trabajo de Heilig o de Krueger, sino de la intersección de la ciencia de la computación, la estereoscopia y la simulación en los laboratorios de investigación académicos, militares y comerciales. La ciencia y la tecnología de RV, en la forma en que aparece hoy, surgió en varios sitios durante fines de los 70 y principios de los 80. Frederick Brooks, Stephen Pizer, Henry Fuchs y otros científicos de la computación han estado adelantando la tecnología desde finales de los años 60 en la Universidad de Carolina del Norte, en Chapel Hill; Brooks señala la fecha de arranque en 1967. El "programa piloto" de Thomas Furness en la Fuerza Aérea de Estados Unidos patrocinó dos décadas de investigación continua en Wright Patterson Air Force Base en displays de cabeza. Scott Fisher trabajaba en el MIT a finales de los 70 en un display estereoscópico interactivo para lo que él llamó "exploración virtual". Negromonte y otros prosiguieron "la transmisión de presencia" en el MIT. Pero fue en Mountain View, California, donde volvieron a ocurrir otra vez "las experiencias de conversión".

El campo de la RV empezó a cristalizarse cuando la justa combinación de patrocinadores, visionarios, ingenieros y tecnologías habilitantes se reunieron en el Centro de Investigaciones de Ames de la NASA en Mountain View, a mediados de los 80. Fue allí donde un investigador de la interfaz humana, un científico cognitivo, un programador de juegos de aventura y un pequeño grupo de inventores aficionados montaron juntos los primeros prototipos de RV accesibles. Fue allí donde una generación de cibernautas vistieron un display montado sobre un casco y un dispositivo de entrada en forma de guante, apuntaron con los dedos, volaron alrededor de mundos de armazones de alambre formados por mallas verdes de luz y volvieron a sus laboratorios para soñar con las aplicaciones de la RV en los años 90.

Para mí, uno de los aspectos más fascinantes de mis encuentros con el grupo de la NASA y la máquina de ciberespacio que han creado fue el hecho de que a muchos de ellos los había conocido años atrás. La primera vez que los encontré, yo perseguía lo que creía que era un tema diferente, pero resultó ser una de las líneas clave de la trama entretejida en el guión de la realidad virtual: si uno se propone construir un amplificador de la mente, es probable que se ponga a pensar en la interfaz humana final. Hace siete años, yo era uno de los muy pocos observadores de tecnología bastante familiarizado con la investigación punta en computadoras como para tener una idea de los displays de cabeza, pero como muchos otros, no me di cuenta de que los HMD provocarían semejante alharaca antes de que terminara la década. En 1988, cuando vi el sistema que estos jóvenes cibernautas habían creado tuve la experiencia de conversión que cambió mi modo de pensar en cuanto a la importancia potencial de los espacios habitables de computación y la

atracción personal de la experiencia de la RV. Durante los dos años que siguieron a mi primer vuelo a través del ciberespacio, conocí personas de todo el mundo que estaban impacientes por instalar sus propios laboratorios de RV porque habían pasado por la experiencia de una demostración similar en Mountain View.

Parte III

EL COMPLEJO INDUSTRIAL DE LA REALIDAD

6

Despegue en la NASA

"Aunque el prototipo corriente de la estación de trabajo de ambiente virtual se ha desarrollado en primera instancia para usarla como un equipo de laboratorio, los componentes se han diseñado para poder reproducirlos fácilmente y a un costo relativamente bajo. A medida que la capacidad y la velocidad de procesamiento aumentan rápidamente en las microcomputadoras, también existirán pronto sistemas de ambiente virtual personales y portátiles. Las posibilidades de la realidad virtual parece que son ilimitadas, así como lo son las posibilidades de la realidad. Pueden proporcionar una interfaz humana que desaparezca y lleve hacia otros mundos."

SCOTT FISHER
Virtual Interface Environments, 1990

La primera vez que asomé la cabeza y hundí mi mano en un mundo virtual, inicié mi viaje deslizando la mano derecha en un DataGlove de VPL. El cómodo tejido de licra cubierto con sensores que recorrían el dorso de mis dedos transfería los movimientos de éstos a una corriente de instantáneas digitales y enviaban la información mediante un cable a una computadora del tamaño de un refrigerador que estaba en un rincón del laboratorio. El guante era bastante flexible y los cables bastante livianos para darme más grados de libertad que un par de mitones de esquí y menos que los permitidos por mi mano desnuda; yo, probablemente, no hubiera podido enhebrar fácilmente una aguja, pero podía recoger decididamente una pieza de ajedrez o manejar un destornillador. El investigador de la NASA, Scott Fisher, me había ayudado a encajar sobre la cara un par de gafas que contenían dos pantallas de televisión en miniatura y la óptica destinada a mis ojos. Como el guante, el display de cabeza estaba conectado con una computadora que operaba los modelos de software del mundo en el cual yo iba a entrar.

La computadora y el software especial constituyen en su conjunto lo que

se conoce en el mundo de la RV como "máquina de la realidad". Un modelo tridimensional detallado de un mundo virtual está almacenado en la memoria de la computadora y codificado en microscópicos reticulados de bits. Cuando un cibernauta desplaza su mirada o agita la mano, la máquina de la realidad entreteje la corriente de datos tomada de los sensores del cibernauta con descripciones actualizadas del mundo virtual digitalizado, formando todo un lienzo de simulación tridimensional. La máquina basada en una computadora, sin embargo, sólo contribuye con una parte del sistema de RV. El ciberespacio es una producción cooperativa de la máquina de la realidad formada con microchips, instalada en laboratorio, y la máquina de la realidad neural que galopa en mi cráneo. La computadora transforma su modelo digital de un mundo en el patrón correcto de puntos de luz, vistos desde una perspectiva adecuada, y ondas audibles mezcladas de la manera conveniente, para convencerme más o menos de que estoy experimentando un mundo virtual.

Cuando acomodé el ocular en su sitio, todo mi campo de visión se separó del mundo exterior. Oí el golpear de las teclas en alguna parte. De pronto el mundo se iluminó a mi alrededor, verde sobre negro. Me encontré flotando dentro de un armazón luminoso, réplica esquemática de un transbordador espacial. Imágenes ajustadamente defasadas se presentaban a cada uno de mis ojos, combinándose de forma que creaban un estereograma tridimensional casi perfecto, una imagen tridimensional próxima a la verdadera. Los entusiastas estereográficos aprobarían los calificativos: los "polígonos sombreados" de computación intensiva (los bloques constructivos de modelos gráficos de alta resolución) y otras técnicas para ofrecer pistas de profundidad secundarias podían producir una imagen tridimensional más perfecta que el armazón esquemático. "Armazón esquemático"[1] es una manera de representar un objeto sólido sobre una pantalla de computadora como una malla de contornos que perfilan el objeto como una prenda ajustada con sombreado de rayas. En el ciberespacio la computadora tiene que volver a computar el mundo entero cada vez que uno mueve la cabeza. Se necesita más potencia —y por lo tanto computadoras más costosas— para crear un sólido sombreado, adecuadamente iluminado y coloreado.

Fue la NASA la institución que lanzó oportunamente la primera exploración pública real del ciberespacio. En la NASA convergieron las corrientes. Scott Fisher, un estudiante del MIT de Negroponte, tenía en la pared de su oficina el cartel de Sensorama que me condujo a Morton Heilig. Fisher se considera a sí mismo un científico y un artista y sería el último en considerarse un proselitista. Todo lo que hizo fue llevar a la gente hacia las gafas y los guantes y dejarlos que juzgaran por sí mismos. La NASA inauguró la era del complejo industrial de la realidad, la red de investigación y desarrollo comercial y académico y del negocio empresarial, que podía convertirse en una industria basada en una nueva tecnología. El trabajo de la UNC, en todos los aspectos de la RV,

1. En inglés *wireframe*, literalmente "armazón de alambre". *(N. del T.)*

había continuado tranquilamente durante años. Pero no hicieron muchas demostraciones en Chapel Hill y se vuelven comprensiblemente reacios a gastar tiempo de investigación en relaciones públicas. En la NASA, sobre todo en la etapa de "prueba de concepto", dar demostraciones es una forma de vida. Fisher y sus colegas estaban dispuestos a llevar a cirujanos, educadores y científicos para incorporarlos al proceso. Futuristas y aventureros intelectuales como yo lograron deslizarse en el laboratorio y echar una mirada a esa valiente tecnología nueva, y llenarse de fervor desde dentro. Estemos a favor o en contra, aquellos de nosotros que hemos probado las tecnologías de la RV de hoy parecemos siempre querer hablar de lo que todo esto significa. Cuando viajé alrededor del mundo visitando diferentes centros de RV, descubrí que muchos de los que después llevarían el estandarte de la investigación de RV a Manchester y Seattle y Tsukuba habían recibido su primera demostración de RV en Mountain View, California, en la División de Investigación de Factores Humanos de Ames de la NASA. El mismo Ames, en el mismo lugar donde Douglas Engelbart trabajaba cuando tuvo su inspiración súbita de la "aumentación" en 1960. Como ARC, el laboratorio de Factores Humanos era el sitio de la experiencia de conversión. El descenso a la gruta electrónica.

Mi primera cabalgata fue en una versión barata de ciberespacio, construida con los componentes disponibles. El sistema de la NASA, que yo probé en 1988, se creó en parte para demostrar que un sistema de la realidad podía construirse con relativa economía; la Fuerza Aérea ha estado usando cascos de un millón de dólares durante años. El empleo de armazones esquemáticos en lugar de polígonos sombreados quitó un par de ceros al precio, siendo ésta una consideración clave para una burocracia empobrecida como la de la NASA. Y la demostración de la NASA sobre la factibilidad de una investigación de la realidad virtual a nivel casi doméstico desató una ola de interés académico y comercial a finales de los años 80, que creó las bases para las industrias de RV de los años 90, cuando la investigación y el desarrollo a escala doméstica se volvieron posibles.

Puesto que dos investigadores clave se conocían desde la época en que ambos trabajaron en el Laboratorio de Investigación de Atari, no fue casual que el display de cabeza y el DataGlove se juntaran en el prototipo de la NASA.

La primera vez que vi el guante, en 1985, en el bungalow de Jaron Lanier, salpicado de instrumentos musicales, en Palo Alto, él lo usaba con un ordenador personal bidimensional barato de pantalla normal. En Mountain View, en 1988, en el interior de mis gafas, una representación esquemática tridimensional de una mano enguantada que flotaba en el espacio virtual imitaba cada movimiento de mi mano en el espacio real. Yo agité la mano. Hubo un intervalo perceptible. Un par de cientos de milisegundos más tarde la mano se agitó. Flexioné los dedos. La mano se flexionó exactamente de la misma manera. Di un paso hacia adelante. Un par de cientos de milisegundos más tarde, la mano y mi punto de vista se movieron hacia adelante en el espacio virtual. Todo lo

que yo miraba era ciberespacio: encima de mí, debajo, detrás. Yo no lo estaba observando. Yo estaba *en* él.

—Apunte su dedo índice en la dirección en la que quiere volar —me instruyó la voz de Fisher desde alguna parte de la realidad física.

Yo apunté. Mi punto de vista empezó a volar. *Yo* empecé a volar. Aunque mis pies reales permanecían en el suelo en California, mi punto de vista y mi mano simulada de pronto adquirieron el poder de volar a través de una versión de historietas del espacio exterior. Pude apuntar hacia arriba y alejarme en el espacio para observar el modelo de trasbordador espacial a distancia, o apuntar hacia abajo y acercarme a inspeccionar la plataforma de carga. Mi velocidad podía acelerarse si yo alejaba la mano del cuerpo o disminuir hasta un mínimo si la acercaba. Podía extender mi mano real, y mi mano simulada atrapaba objetos simulados en el espacio virtual, cambiaba su posición u orientación y los arrojaba lejos. Durante las exploraciones de este espacio sintético nuevo y extraño que pocas personas habían visitado hasta entonces, me detuve, me acurruqué, me agaché, caminé, adopté posturas inexplicables, miré en todos los rincones de la habitación, bajé la cabeza mirando el suelo o la levanté mirando al techo, señalé con el dedo índice cosas que eran invisibles para los demás. Estoy seguro de que era cómico para los que estaban en la habitación, pero esto a mí no me importaba en ese momento. Yo estaba en otra realidad.

Usando técnicas de computadora combinadas con tecnología electrónica de audio, los investigadores de la NASA habían aprendido a simular un ambiente acústico tridimensional del modo en que los displays de cabeza y las imágenes estereográficas simulan un ambiente visual tridimensional. En demostraciones posteriores en la NASA, el sonido tridimensional mediante auriculares me llevó aún más lejos en el contacto con el mundo no virtual. Pero esa primera vez supe que mi universo cambiaría probablemente alrededor de mí siempre que yo oyera el sonido de los dedos en un teclado de computadora. Scott Fisher me advirtió sobre lo que iba a suceder a continuación. Tecleó un nuevo comando y, como me había prometido, me encontré en el interior de un modelo de dos metros de alto de una molécula de hemoglobina. La molécula era una sinfonía enigmática tridimensional, moldeada de tal forma que permite, a los que respiran el aire como yo, succionar oxígeno del aire y distribuirlo a nuestras fábricas de energía internas a través de la corriente sanguínea. Era una representación muy tosca, de baja tecnología, comparada con los modelos moleculares de alta resolución que yo iba a ver en otras partes. Pero yo estaba enganchado. En la época en que empecé a preguntarme si la RV era realmente tan emocionante como comenzaba a creerlo, me encontré en Chapel Hill y Cambridge sumergiendo mis percepciones en mundos virtuales cada vez más reales.

Ahora puedo ver que mis encuentros con Scott Fisher y otros del grupo de Arch-Mac en los últimos siete años pueden verse como puntos de datos en una línea de tiempo, un gráfico de mis intersecciones con la RV, cuya forma sólo ahora yo empezaba a percibir. Pensar en esos encuentros me ayudó a dar-

me cuenta de qué atracción había ejercido sobre mí la realidad virtual durante años, como un extraño objeto de seducción en mi carrera de escritor. En 1983 conocí a Fisher en el Laboratorio de Investigación de Sunnyvale de Atari, un equipo legendario, ahora inexistente, que sirvió como un lugar de tránsito para muchos cibernautas de hoy. También puedo ver ahora que el laboratorio de Atari, como Arch-Mac antes de aquél, era otra clase de extraño objeto de seducción que succionaba, mezclaba y ataba, inspiraba y dispersaba a muchos ingenieros de la realidad en los laboratorios de RV de hoy en día.

Atari Research existió durante un momento peculiar de la historia: los videojuegos, una tecnología que no había existido unos años antes, y estaba facturando más que Hollywood y Las Vegas juntos. Junte un CRT, un microprocesador y un programador de juegos para adolescentes y conseguirá un aparato que atraerá una enorme cantidad de dinero del mundo, como si fuera una máquina hipnotizadora legal en la calle. Una acción tan febril como ésa atrae la atención. Pequeñas empresas dirigidas por gente entusiasta fueron convertidas en gigantes. Los gerentes de la Warner que se hicieron cargo de Atari, Inc., contrataron a Alan Kay para reunir a los mejores y más brillantes de los infonautas. Los videojuegos eran sólo el principio. Los ordenadores personales estaban subiendo como producto de consumo y quién sabe qué artilugios movilizadores de la mente, para hacer dinero, basados en microprocesadores, podían asomar en el horizonte. Con la generosa ayuda de Atari, Kay reunió a los arquitectos de la siguiente revolución de las computadoras, a los diseñadores de los hipermedios y los robóticos, a los obreros de la inteligencia artificial y a los genios del hardware, a los artífices de las miniaturas y las interfaces, para planear las tecnologías de entretenimiento del siglo XXI. Había rumores en el aire en Sunnyvale, en su centro de investigaciones, la clase de rumores que solía electrizar al ARC y al PARC.

Menos de diez años atrás, antes de que el procesamiento de las palabras reemplazara a las oficinas de mecanografía, antes de que las planillas electrónicas convirtieran a la gente de negocios en jockeys de computadoras, antes de que las telecomunicaciones vincularan a los expertos electrónicos en una Worldnet (red mundial) de conmutación, un pequeño pero fanático subconjunto de entusiastas de las computadoras comprendió que el ordenador personal moldearía el modo en que funcionan las empresas, la manera en que operan los científicos, la forma en que aprenden los estudiantes durante las décadas por venir: los *infonautas* que ayudaron a cambiar nuestro estilo de vida de hoy. Y un subconjunto aún más pequeño, y por lo menos igualmente fanático de esa subcultura, empezó a pensar no sólo en lo que se encuentra detrás del horizonte, sino en lo que podría encontrarse aún más allá: los *cibernautas* que están cambiando el modo en que viviremos en el futuro.

Hace siete años, en Atari Research, en uno de esos cuartos intemporales sin ventanas, de un blanco fluorescente, que caracterizan los recintos de oficinas de Silicon Valley, observé a Scott Fisher y a sus colegas, la mayoría veinteañeros, cómo utilizaban cerebros para preparar la interfaz de la computado-

ra de fines de los años 90. Estaban dando pasos hacia el día en que la interfaz de la computadora no sería algo que los usuarios *miraran* a través del visor de una pequeña pantalla, sino un lugar en el que entrarían: el reino prometido, responsivo, tridimensional, generado por computadora que Ivan Sutherland había profetizado. Brenda Laurel conducía el ejercicio; en ese tiempo, Laurel exploraba la posibilidad de usar los sistemas de inteligencia artificial para construir juegos de computadora "protagónicos"; siete años más tarde la empresa electrónica gigante japonesa Fujitsu basó parte de su investigación y desarrollo electrónico para entretenimiento en las teorías de Laurel sobre la visión de las computadoras como dispositivos teatrales. Eric Hulteen, otro emigrante del MIT, era también parte del grupo que se encontró esa noche en Sunnyvale; en 1990 trabajaba en la entrada gestual y otras fronteras de interfaz humana para la computadora Apple. Casado ahora con Brenda Laurel, Hulteen fue uno de los dos implementadores principales del Put That There de Richard Bolt, el sistema de finales de los años 70 que respondía a gestos y a órdenes de voz.

Michael Naimark estaba allí la noche en que visité Atari; en el MIT, él y Scott Fisher habían estado entre aquellos que crearon e instrumentaron el Aspen Map, un videojuego interactivo que hizo posible usar la pantalla de la computadora para dar una vuelta virtual a la ciudad de Aspen, Colorado. Susan Brennan se convirtió en una experta sobre lo difícil que es realmente crear una computadora que pueda participar en una simple conversación humana en lenguaje natural. Kristina Hooper, otra veterana del MIT-Aspen, ahora gerente del laboratorio de multimedia de Apple, fue jefe de Fisher, Laurel, Hulteen, Naimark y Brennan. Después que se disolvió Atari Research, grupos de investigadores que habían estado allí esa noche terminaron trabajando juntos otra vez en la NASA y en Apple. En la época en que Atari Research estaba en auge, conocí a otro individuo que era de Missouri, no de Cambridge, pero que figuraría en posteriores capítulos de la historia de la RV, Warren Robinett. Luego pasé a otras cosas, durante años. Brenda Laurel me mandó pedir una demostración a Scott Fisher en 1988, y mi siguiente exploración del estado de la RV me llevó de vuelta a ellos en 1989 y 1990. La casualidad de nuestros anteriores encuentros me dio una especie de perspectiva temporal, un sentido visceral del ritmo con el cual la RV estaba emergiendo.

Scott Fisher era uno de toda una constelación de veteranos de Arch-Mac, recogidos por Alan Kay, y fue atraído por la oportunidad de trabajar con los otros magos de la tecnología de los medios que Kay había reunido. En Atari Research, Fisher formó equipo con algunos de los mejores genios jóvenes de la tecnología de principios de los años 80; se le dio la consigna de soñar con los entretenimientos y los medios educativos del futuro y se le prometieron decenas de millones de dólares para trabajar con ellos. Era como en los primeros días en el PARC, pero estaban en la diversión y en el negocio de los juegos más que en el negocio de la automatización administrativa. El equipo de Atari decidió tomarse un tiempo y confeccionar un armazón conceptual, mientras

que construían su laboratorio de hardware y software. Llevaría unos años adquirir velocidad, pero decididamente era un largo trayecto. Habían visto lo que Arch-Marc y el PARC habían sido capaces de hacer con la tecnología de los años 70. ¿Qué sería posible hacer con la tecnología del siglo siguiente? Sospechaban que esta pregunta y sus respuestas podían llevarlos y transformarlos en los diseñadores de tecnología más influyentes del siglo XXI. La estrategia del Laboratorio de Estrategia de Atari dependía, sin embargo, de la salud financiera de la empresa madre.

El *boom* de los videojuegos no duró para siempre, lo que llevó a la disolución de Atari Research. Mantuve contacto con algunos de los que había conocido en esa época y perdí el rastro de otros por un tiempo. Poco después de que se disolviera el grupo, mientras yo trabajaba en un libro diferente, me encontré con un joven divertido y excéntrico llamado Jaron Lanier, que había ganado un poco de dinero con un videojuego creado por él, y estaba trabajando en su casa en un lenguaje de programación visual. No estaba en la noche de la improvisación del Atari Research, pero había hecho acopio de dinero para proseguir sus exploraciones arcanas programando un videojuego de éxito Moondust. Lanier, un autodidacta que ha insistido en vivir treinta años en el futuro, probablemente desde el día en que nació, soñó en crear algo que fuera más allá de la programación de computadoras. En lugar de teclear secretos comandos y diseñar estructuras de datos, el lenguaje en construcción de Jaron capacitaría a la gente para crear software mediante interfaces con historietas musicales. Y los medios de comunicación entre humanos y computadoras incluían una extraña especie de guante con sensores en el dorso de la mano, conectados al ordenador personal menos costoso que podía comprarse en ese tiempo, un Commodore 64. Recuerdo haber probado el guante, hecho el ademán sencillo que cambió una imagen gráfica de baja resolución en la pantalla, haberlo anotado para mi libro y más o menos olvidado lo del guante hasta que la RV me golpeó. El inventor del guante, Thomas Zimmerman, también había estado en Atari Research. No lo volví a ver durante unos años, pero Lanier y Zimmerman volvieron a entrar en escena más tarde por la puerta grande cuando la industria de la RV estaba marchando a pleno rendimiento.

Hacia fines de 1988 volví a ver a Scott Fisher. Esta vez la tecnología no era teórica y no era sólo un prototipo. Tenía algo para mostrarme. Fisher estaba trabajando en la NASA, en el Centro de Investigaciones de Ames, con un laboratorio de ensayos de RV completo. Él y la RV terminaron en la NASA después de varias convergencias de distinta especie. Antes de que Fisher llegara los investigadores en óptica fisiológica —tuercas y tornillos de los sistemas de visión humana— de la Universidad de California trabajaban con el Laboratorio de Factores Humanos Aeronáutico y Espacial en Ames y se habían concentrado en los aspectos tecnológico y perceptivo de los instrumentos visuales. Un *display* visual es el CRT o LCD, pantallas o gafas en las que se exhibe la información, pero un *instrumento* visual es un display diseñado especialmente para realzar el razonamiento humano en una tarea específica. Ellos pensa-

ban en diseñar displays para computadora a fin de ayudar a los astronautas a ejecutar tareas específicas. El proyecto de los futuros vehículos de exploración espacial era cada vez más un ejercicio de diseño de la interfaz humana.

La manera en que los humanos perciben y procesan la información presente en los CRT y otros displays visuales era el tema de interés central de Stephen Ellis, un investigador de la Universidad de California, Berkeley, que estaba comprometido en el proyecto de la NASA/Ames. Es un psicólogo-fisiólogo que conoce el tema de los algoritmos de grafismo computerizado pero, dado que siempre estuvo interesado en indagar cómo usan los humanos su sentido visual para conocer el mundo, me dijo que se consideraba un "epistemólogo experimental", la primera vez cuando lo visité en su oficina de Berkeley. Es un individuo amable que decididamente corresponde al extremo científico del espectro social de la RV y que tiene un asomo de sonrisa traviesa por momentos. Sin consultar mis apuntes, una cosa que recuerdo sobre el aspecto de la oficina de Ellis cuando estuve allí hace más de un año, fueron algunos diagramas en la pared. Yo había leído acerca de investigaciones en las cuales unos dispositivos de rastreo de la mirada permitían a los científicos mostrar diversos dibujos y fotografías a las personas y luego mapear las zonas que habían sido enfocadas por sus ojos. Superponiendo un mapa con los movimientos de los puntos que miraban los sujetos, sobre la imagen experimental, era posible obtener información sobre cómo aprehenden el mundo nuestros sistemas visuales. En efecto, uno no tiene por qué ser un especialista para deducir que, al mirar uno de esos diagramas, esas personas mueven sus ojos de un modo diferente cuando miran la imagen de una cara, un paisaje o un cuerpo desnudo. En verdad nadie registra con la mirada metódicamente cada centímetro cuadrado de la fotografía de una cara, por ejemplo. "Construimos" una cara con una serie de miradas rápidas entre un ojo y el otro, entre los ojos, la nariz y los labios, con un paseo rápido por encima de los labios y el mentón y luego otra vez a los ojos. Aunque siempre sentimos que vemos el cuadro completo, lo que hacemos se aproxima más a un proceso en el que extraemos los rasgos claves, consultamos los modelos mentales y simulamos el cuadro.

Cuando le pregunté a Ellis dónde había empezado su interés por la RV, recordó que ese interés se había iniciado con un proyecto de licenciatura. Como parte de un acuerdo cooperativo entre el laboratorio de óptica fisiológica de la Universidad de California de Berkeley y la NASA, Ellis y su colega, el profesor Lawrence Stark, enviaron a uno de sus licenciados a Ames para ver si era posible utilizar los displays tridimensionales en el estudio de las características de los instrumentos aeronáuticos visuales.

El graduado Michael McGreevy, que trabajaba con él, estaba interesado tanto en los aspectos psicológicos como tecnológicos de los futuros displays. McGreevy estaba cursando un doctorado interdisciplinario en el nuevo campo de la "ingeniería cognitiva". Como Fisher, a quien no había conocido todavía, McGreevy estaba interesado desde hacía tiempo por los "displays de inmersión", aunque aún no había empezado a encarar los temas de exploración, navega-

ción, manipulación e interactividad virtuales. Como Fisher, McGreevy conocía el trabajo de J. J. Gibson, quien argumentaba que la percepción visual evolucionó en el contexto de los sistemas perceptivo y motor, que funcionan constantemente para mantenernos derechos, orientarnos en el espacio, capacitarnos para recorrer y manejar el mundo. En sus trabajos más recientes sobre RV, como una forma de visualización científica para la exploración planetaria, McGreevy relacionó de forma acertada la idea gibsoniana de que el entorno debe permitir su exploración a fin de que la gente lo entienda con la idea de que podemos empezar a aprender algo importante con los datos que recuperamos de la exploración planetaria, haciendo volar nuestros puntos de vista a través de las propias imágenes. A principio de los años 80, Ellis alentó a McGreevy a considerar la idea de usar displays tridimensionales como parte de un nuevo laboratorio sobre "percepción espacial y displays de avanzada".

En una de mis visitas a la NASA, pregunté a McGreevy sobre sus antecedentes. Parte de los antecedentes de formación de McGreevy eran visibles: llevaba su llave Phi Beta Kappa a modo de prendedor de corbata. Como Scott Fisher, era algo más formal en su vestimenta que la mayoría de los jockeys de computadora. Al entrevistar durante años a computadores científicos y programadores, aprendí que no era necesario que llevara puesto un traje de tres piezas al visitar un laboratorio. Descubrí, por cierto, que una camisa estampada y un par de vaqueros viejos me facilitaría más la entrada a lugares como Apple o el PARC, puesto que me marcaban como alguien del lado de las ideas y no del lado comercializador de la industria informática. Scott Fisher se parecía a esos jóvenes que han vestido traje y corbata y llevado un portafolio desde la preparatoria. No creo haber visto nunca a Scott Fisher con algo que no fuera un traje, aunque lo he visto quitarse la corbata para las fiestas.

Michael McGreevy también es algo formal. Tiene un modo de conversar tajante, con la mirada fija. Scott Fisher tiene la tendencia de sentarse, pensar sus respuestas por un momento y mirar al vacío casi como si se ubicara en una especie de escena imaginaria. Cuando McGreevy se sentó ante su escritorio para charlar conmigo, parecía tener el gesto estudiado de alguien que hacía un esfuerzo para parecer menos formal. Robert Jacobson, que acababa de integrarse al Laboratorio de la Interfaz Humana, un nuevo sitio de investigación de la RV en Seattle, había programado una visita a McGreevy, de modo que lo acompañé. McGreevy citó el número de *Life* de julio de 1966 como una temprana influencia que lo afectó cuando empezó a meterse en el asunto de los displays tridimensionales. Ese número de *Life* contenía un artículo sobre el Surveyor, que había realizado su primer descenso no tripulado sobre la Luna, llevado una cámara y transmitido las imágenes a la Tierra. Cuando los científicos quisieron ver en tierra lo que había visto el Surveyor, pegaron los miles de imágenes componentes sobre la superficie de una gran esfera. Entonces los científicos de la NASA pudieron tener una vista del ojo del Surveyor, una especie de experiencia de inmersión primitiva, metiendo las cabezas en el interior de la esfera a través de un agujero.

McGreevy también me hizo recordar que, además de Robert Heinlein cuarenta años atrás y William Gibson cuatro años atrás, otro escritor de ciencia ficción, Ray Bradbury, había promovido algunos de los mismos temas que ahora sobrevolaban la tecnología de RV. En su breve relato "The Veldt", publicado por primera vez en 1950, Bradbury escribió sobre una simulación sensible hiperrealista en forma de un recinto que se había iniciado como un experimento psicológico y terminó siendo un producto que leía los pensamientos de los niños y creaba una ilusión de vida alrededor de ellos como un modo de entretenimiento: "Tenía 12 metros de ancho por 12 de largo y 10 de alto... Las paredes empezaron a ronronear y a retroceder a una distancia cristalina y de inmediato apareció un paisaje africano en tres dimensiones; y en todas partes, estaba reproducido en colores hasta el último guijarro y la última pajita". "The Veldt" había sido uno de los guiones que siguió apareciendo durante el ejercicio de improvisación en Atari Research que pude observar. Otro cuento de Bradbury que citó McGreevy, también del año 1950, se llamaba "The Happiness Machine", y trataba sobre una tecnología que puede reproducir la experiencia de cualquier fantasía y que termina haciendo desdichada a la gente cuando tienen que volver a sus vidas monótonas y no mejoradas. En la época en que ingresó en la NASA, como muchos que siguieron allí, McGreevy estaba preparado, tanto por la ciencia como por la ciencia ficción, para aceptar el desafío de crear algo que nunca hubiera existido antes. Terminó su doctorado y fue a trabajar para Ames, en la NASA.

Al trabajar en la NASA, en la División de Investigación de los Factores Humanos en el Espacio Aéreo, dos cosas atrajeron la atención de McGreevy. En 1984, el jefe de McGreevy, David Nagel, invitó a Scott Fisher para que diera una charla en la NASA. Éste habló de los displays de cabeza estereoscópicos, de la óptica especial requerida para exhibir vistas de ángulo ancho y del potencial para explorar ambientes virtuales. Stephen Ellis y Michael McGreevy estaban en la primera fila. Era una tecnología natural para los problemas en la percepción visual que ellos querían explorar. McGreevy empezó a mirar los sistemas de display de cabeza que la Fuerza Aérea de Estados Unidos había desarrollado bajo la dirección de Thomas Furness, en la Base de la Fuerza Aérea de Wright-Patterson, cerca de Dayton, Ohio. El sistema VCASS de la Wright-Patterson se parecía mucho al casco de Darth Vader y contenía un sistema considerablemente más complejo y mucho más costoso que los desarrollados por Ivan Sutherland o Arch-Mac. Podía servir como base de un soberbio instrumento científico para estudiar el aspecto de los factores humanos de la RV. La Fuerza Aérea usaba CRT en miniatura de alta resolución hechas bajo pedido y fibras ópticas y mucha capacidad de computación; no ahorraban gastos para una aplicación que podía elevar la supervivencia de sus mejores pilotos, que volaban en aviones de quinientos millones de dólares. Cuenta la leyenda, que es relatada en versiones algo diferentes según quien la narra, que McGreevy preguntó a Furness cuánto costaría conseguir un casco para trabajo sobre factores humanos en Ames. Se aduce que Furness mencionó un precio de un mi-

llón de dólares. McGreevy le dijo que ya tenía un rastreador Polhemus y un sistema de displays Evans-Sutherland; Furness le respondió que el casco sólo era la parte que costaba un millón de dólares. McGreevy resolvió construir uno propio.

McGreevy convocó a James Humphries, un contratista de hardware de una empresa llamada Sterling General, en su búsqueda de un display de cabeza barato. Resultó que los displays de cristal líquido (LCD) de los televisores portátiles podían sustituir uno de los componentes más caros. Fueron a una tienda, Radio Shack, compraron dos televisores económicos de LCD y sacaron los LCD cuando los llevaron al laboratorio. Los LCD difieren de los CRT en un aspecto fundamental. Los CRT generan una imagen disparando un haz de electrones sobre una pantalla fluorescente y activando partículas en la pantalla para emitir fotones. Los LCD están hechos de un material que cambia de apariencia cuando son activados por una débil corriente eléctrica. Se pueden hacer pixels con minúsculas celdas de ese material y controlarlo con un circuito ultraminiaturizado. Es más barato confeccionar una matriz de conmutación electrónica —en última instancia, eso es lo que son los circuitos integrados— que diminutos tubos de vacío. La resolución de los primeros LCD que ellos usaron en la NASA era sólo de 100 imágenes elementales por 100 imágenes elementales (10.000 pixels en contraste con los millones de pixels en los CRT de alta resolución hechos bajo pedido y usados por la Fuerza Aérea de Estados Unidos), pero el precio estaba bien. Y eso significaba mucho. La parte de las "gafas" de la RV se volvía accesible (aunque seguía siendo más parecido a un casco que a un ocular). Todo lo que hacía falta resolver era la parte de los "guantes".

El hecho de que se pudiera hacer un HMD accesible aunque tosco con LCD disponibles y óptica especial que se fabricaba en una empresa de las afueras de Boston constituyó una especie de cuenca colectora en la emergencia de la investigación de RV. El paso siguiente para el proyecto de la NASA era reunir un sistema que satisfaciera tanto el encargo de la NASA como las metas del laboratorio de Factores Humanos de la Ames. El programa del Sistema de Display del Ambiente Virtual estaba en marcha en 1965, pero tenía que recorrer un largo camino antes de hacer algo nuevo. En 1985, la NASA contrató a Scott Fisher y Michael McGreevy fue a Washington, para realizar una capacitación de dos años. Fisher compró un paquete de reconocimiento de la voz disponible y empezó a buscar contratistas que pudieran incorporar un audio tridimensional, y a experimentar con dispositivos de salida táctiles. La idea de Fisher era construir un laboratorio de ensayos adecuado para explorar todos los aspectos de las estaciones de trabajo virtuales, telerrobótica y aun aplicaciones tales como los simuladores quirúrgicos y herramientas de visualización para los estudios aerodinámicos. En 1985, Fisher comenzó a negociar con una empresa llamada VPL Research para agregar un dispositivo de entrada en forma de guante al sistema; en 1986, Fisher incorporó a otro programador, Warren Robinett.

El proyecto de RV de la NASA era un esfuerzo de equipo y se vuelve cada vez más difícil e inútil determinar quién inventó qué cosa. Se podría generalizar diciendo que McGreevy inició el proyecto y encontró al primero de una serie de contratistas brillantes; McGreevy y Humphries armaron el sistema básico de los displays LCD, la óptica de gran angular y el sensor del sistema de navegación Polhemus; Fisher aportó un amplio armazón conceptual basado en su trabajo en Arch-Mac y Atari Research, un conjunto de objetivos claramente definidos para construir y evaluar los elementos de un laboratorio de ensayos de RV, y su propia red de especialistas, que hicieron cosas como los sistemas de audio tridimensional y los guantes de entrada a la computadora. McGreevy presentó el proyecto a las personas que proveían los fondos de la NASA, mientras que Scott Fisher persiguió su meta de reunir los elementos y las piezas en un sistema e iniciar la investigación orientada a la aplicación que pudiera satisfacer los encargos de la NASA. Fisher empezó a aplicar todo lo que sabía sobre estereografía y exploración virtual en el proyecto de la NASA.

Robinett, que se había ganado una sólida reputación en el mundo del software de las computadoras personales por su Adventure de Atari, que ganaba dinero, y su software educativo que había ganado un premio, Rocky's Boots, empezó a escribir su software de aplicación: un código de programación que usaría todo el hardware para introducir gente dentro de modelos que el resto del equipo había creado, incluso un modelo de grafismo computerizado de una molécula de hemoglobina, un modelo del transbordador espacial, un modelo arquitectónico del propio laboratorio que mostraba todo el mobiliario y los instrumentos en su lugar. Douglas Kerr, un contratista de software, se unió más tarde al equipo y fue responsable del software del proyecto después de que Robinett se fuera en 1988. La firma de Eric Howlett, en Waltham, Massachusetts, Pop Uptix, desarrolló lentes especiales para conferir al display un ancho campo visual sin sacrificar demasiado la resolución. Howlett, un epítome de cabello blanco de un inventor aficionado, vio la necesidad de crear una óptica especial para ofrecer un campo de visión que se aproximara a la ancha ventana visual humana sin distorsión. El laboratorio de ensayos de la NASA era un sistema que debía ser integrado cuidadosamente, era un conjunto de dispositivos que procedían de contratistas diferentes. El esfuerzo no era tanto la obra de un solo hombre, ni siquiera de una jerarquía formal; el equipo de trabajo de RV en la NASA/Ames se había convertido en una maraña de investigadores y contratistas. Steven Bryson empezó como uno de los programadores para VPL; ahora está en Sterling, que sigue siendo uno de los primeros contratistas de la NASA para el proyecto de RV.

Cuando McGreevy volvió de Washington no parecía haber mucha coordinación entre las metas de Fisher y de McGreevy para el proyecto. Había desacuerdo en lo que debía implementarse, quién debía hacerlo y cómo debía hacerse. Warren Robinett se fue en febrero de 1988 para navegar por el Pacífico Sur. En 1990, Fisher dejó la NASA (para fundar junto con Brenda Laurel una empresa de RV comercial, Telepresence Research). Yo conocí a David

Nagel en una función auspiciada por Apple a principios de los años 90. Ahora en Apple, Nagel había sido el jefe tanto de Fisher como de McGreevy, así que le pregunté cuál de las dos historias era la más exacta, y él sonrió y dijo: "Ambos tienen razón".

Scott Fisher y los que trabajaron con él prosiguieron con el desarrollo de la investigación de la RV día a día cuando se fue McGreevy. El primer HMD fue un prototipo tosco de "prueba de concepto". El sistema de segunda generación fue el que empezó a enviar los primeros mensajes firmes respecto de la investigación de RV, anunciando que era accesible, útil y legítima; una de las mejores cosas que hizo la NASA fue legitimar algunas ideas que provenían de la periferia. La gente empezó a encontrar el camino a Mountain View desde el momento en que las instalaciones en el laboratorio de Factores Humanos fuera descrito en el número de octubre de 1987 de *Scientific American*. Recuerdo ese ejemplar porque vi la versión gráfica computerizada descarnada de un guante en la tapa, y pensé enseguida en ese primer guante de VPL que había visto en la casa de Jaron Lanier.

El sistema de display de ambiente virtual (VIVED) usaba un HMD de diseño nuevo, con óptica gran angular especial de la Pop Optix, un sensor de posición Polhemus, un par de estaciones de trabajo de Evans y Sutherland de quince años atrás y una computadora central DEC de igual edad. Y ese sistema usaba algo que ningún sistema de RV había empleado hasta entonces: un guante. La historia del origen del guante como dispositivo de entrada de RV es otra saga de muchas facetas que será analizada con más detalle en el capítulo siguiente. El contrato NASA/VPL para desarrollar el guante de VPL según especificaciones de la NASA era un punto de inflexión. La VPL había estado vendiendo durante un tiempo los guantes pero la NASA fue la primera que tenía los recursos y la visión para combinar un guante y un HMD. Scott Fisher inició un contrato con VPL para entregar guantes de serie y software para el proyecto VIVED en 1985. Entre la gente de VPL que desempeñaron un papel en el contrato, estaban Lanier, Zimmerman, Chuck Blanchard, Steve Bryson y Jean-Jacques Grimaud. Como acabamos de saber, se franqueó un umbral decisivo con respecto a la RV cuando Scott Fisher y sus colegas pusieron las manos en el ciberespacio por primera vez.

La importancia del guante y de los dispositivos de entrada completos que le siguieron es fundamental. Va más allá de la conveniencia de saber manipular objetos virtuales alcanzándolos y alzándolos. Fisher estaba bien versado en el trabajo de J. J. Gibson, el investigador de la percepción visual que pretendía que nuestro desplazamiento en el mundo tridimensional y nuestro manejo de los objetos dentro de él eran los que nos enseñaban a verlo como lo hacemos. Y conocía la eficacia de la entrada gestual. Un guante que controlara un objeto virtual sería también lo que Gibson llamaba una "apropiación", un medio de apoderarse literalmente de un mundo virtual y hacerlo parte de nuestra experiencia. Si usted extiende la mano en el espacio y ve cómo se mueve la representación de la mano en un espacio virtual, luego mueve la mano virtual

cerca de un objeto virtual, usted incorpora las dimensiones del mundo virtual a su sistema de estructuración de la percepción interna. Esto nos conduce a fascinantes disgresiones sobre filosofía y ciencia, pero tiende a desviarse de los intereses pragmáticos de una organización de alto riesgo, alta tecnología y pocos fondos como la NASA. Con excepción de una cosa: las interfaces de RV para robots semiautónomos podrían ser el único medio posible para construir una estación espacial.

La NASA estaba interesada en la telerrobótica para aplicaciones de reparaciones espaciales; se han desarrollado efectores diestros (manos mecánicas que imitan el movimiento humano) en Stanford y el Laboratorio de Propulsión a Chorro, así como también en el MIT y la Universidad de Utah, y un guante sería un perfecto dispositivo de control. La idea de combinar un guante con display estereoscópico y un detector de posición funcionó tanto para los mundos virtuales como para la teleoperación. Fisher describió con cuidado su visión de cómo funcionaría un dispositivo semejante conjuntamente con el VIVED. La tecnología desarrollada y patentada por VPL habilitó a la NASA para acoplar los movimientos de la mano con el mundo virtual. En 1986 los cibernautas se lanzaron en el ciberespacio introduciendo en él las manos y la cabeza.

Fisher recuerda que Warren Robinett se quedó toda la noche después de que la primera versión utilizable del guante VPL fuera entregada en 1986. Robinett recuerda que había programado una versión en bloque, tridimensional, tosca, de la mano virtual y la mostró a los demás cuando llegaron al laboratorio por la mañana. "Nos turnamos para colocarnos el HMD y el guante y dimos vueltas con las manos en el mundo virtual. Estábamos mudos de lo bien que funcionaba", recordaba Fisher cuando le pregunté sobre la primera vez que colocó la mano en el ciberespacio.

El guante y la mano virtual en la pantalla resultaron útiles por muchas razones. Primero, realmente parece esencial en el sentido gibsoniano; mover los dedos y ver cómo los dedos de la mano se mueven en la pantalla en una sincronía levemente retardada son una componente clave de la sensación de presencia que yo experimenté la primera vez que probé el sistema de la NASA. Cuando conversé con Robinett más tarde, en la Universidad de Carolina del Norte, recordó que la VPL había entregado algunos software que producían salidas del guante legibles por la computadora. El problema, desde el punto de vista de la persona encargada de crear el software que hará que un mundo virtual se sienta real son los malabarismos de la información. A fin de mantener un mundo actualizado a partir de uno o más sensores periféricos la computadora deberá ejecutar danzas fantásticas, a menos que todo el progreso quede atascado.

El modo en que la información procedente de guantes y sensores de posición y modelos de computadora va pasando y es procesada y transformada en fotones sobre una pantalla puede producir una diferencia crítica cuando llega a sistemas que deben reaccionar en tiempo real, lo cual para los huma-

nos implica milésimas de segundo. Si usted quiere asegurarse de que está en el mundo real, mueva la cabeza muy rápidamente a un lado o a otro. Si el resto del mundo no se mueve con su cabeza por un par de cientos de milisegundos, usted está en la tierra de la RV. El retraso constituye siempre un problema, al construir sistemas de RV, y el manejo de cálculos muy complicados y muy rápidos siempre ha sido una parte de ese problema. La ilusión de la RV, como la ilusión de un filme, proviene de hacer pequeños cambios globales en el cuadro visible de información, y presentar luego esos cuadros al espectador humano con la suficiente rapidez para que se fundan en la ilusión de movimiento o realidad. A diferencia de un filme, una máquina de la realidad debe recalcular las coordenadas y los valores de luz de todo el mundo descrito cada vez que el equivalente de RV de un cuadro es cambiado (cada 1/30 de segundo, cuando la vista del ojo derecho se conmuta al ojo izquierdo o viceversa). No es probable que la NASA haya sido la última en enfrentarse con el "retraso de los sistemas". Un año después de hablar con Robinett, me encontré con una pequeña empresa en el norte de Inglaterra que creía que una nueva clase de computadora conocida como Transputer sería capaz de manejar los datos que proliferaban y que supuestamente podrían manipular los sistemas de RV. Si la RV demuestra ser útil y el rendimiento de la computadora —la cantidad de bits que se pueden procesar por segundo sin tropezar a la salida— prueba ser un cuello de botella, los desarrollos al margen de las arquitecturas experimentales de computadoras, como los Transputers, pueden llegar a ser importantes.

Los datos que Robinett tenía que manejar y que provenían del guante de VPL, daban a cada momento información sobre quince diferentes ángulos de unión en el guante. Los datos provenientes de los sensores de ángulo que determinaban las posiciones de los dedos cada 1/60 de segundo eran parte de una corriente masiva de datos que constantemente llegaba para ser procesada y enviada de vuelta, expresada en cambios en el modelo del mundo gráfico, en una imitación rudimentaria del circuito cerrado mano-ojo-brazo que todos usamos en el mundo físico con nuestros brazos biológicos. Crear un sistema de hardware y software que pueda cumplir con las especificaciones más precisas de nuestro sistema existente mano-dedo seguirá siendo una prueba formidable para los ingenieros de RV en el futuro previsible. La dificultad de simular mecánicamente las actitudes humanas mano-ojo-cerebro para discriminar discrepancias muy finas en el espacio o el tiempo es una de las razones de que el verdadero potencial de los sistemas de RV necesite cinco o diez años o más para acercarse a una razonable verosimilitud. El sensor Polhemus contribuyó con otra corriente de información acerca de la posición del guante y su orientación con respecto al recinto y agregó su propia constante al retraso.

Lo primero que hizo Robinett fue construir su propio modelo tridimensional de la mano que estaría vinculado con una representación en la pantalla y podría modificarse introduciendo cambios en la corriente de datos. Éste fue el prototipo que él elaboró durante toda la noche y mostró a los demás por

la mañana. El modelo guante-mano-mundo por sí mismo era tosco al principio, apenas suficiente para hacer que el sistema funcionara. Les llevó meses a los programadores de VPL y de la NASA mejorarlo un poco. Pero cuando yo mismo me puse los EyePhones y un DataGlove a fines de 1988, el acto de mover la mano en el guante y el de observar la representación de mi mano y dedos moverse en el ciberespacio como ganchos, manivelas —*apropiaciones*— vinculaban el "aquí dentro" con el "allí fuera" y arrastraban mi sensación de estar en un recinto físico que contenía mi cuerpo hacia el espacio definido por el modelo tridimensional de una computadora. La mano que flotaba en el mundo virtual era algo más que una mano. Era yo.

La mano también era útil por otros dos aspectos importantes de los entornos de RV: manipular el propio entorno virtual y navegar a través de él. Que el dispositivo de entrada sea un guante, un joystick, una pelota de rastreo o una silueta de video de una mano en movimiento, que constituya un vínculo directo y liso entre las manos del operador y los objetos en un mundo virtual, ése es uno de los requisitos fundamentales de todos los sistemas de RV. Un mundo en el cual usted puede navegar pero no manipular, en el sentido de RV, no es tan "real" como uno en el cual usted puede extender una mano virtual, levantar la tapa de una tetera virtual, inclinarse sobre ella y mirar dentro. "Viaje sustituto" es la frase que se usa en Arch-Mac par describir ambientes que usted puede mirar desde ángulos a su elección pero que no puede tocar ni cambiar.

Douglas Kerr siguió con el software del proyecto de RV de la NASA cuando se fue Robinett, y Steven Bryson y Richard Jacoby siguieron con él cuando se fue Kerr. El primer sistema funcionaba con un hardware mínimo y un mecanismo de computación decididamente prehistórico. La responsabilidad de Kerr era crear un nuevo sistema de software para una computadora HP 9000 suficientemente potente como para proporcionar gráficos sombreados en tiempo real en lugar de armazones esquemáticos. La uniformidad, el sombreado, la naturalidad de la iluminación eran indicadores obvios de la potencia de computación —y de ahí la magnitud del presupuesto— que se invierte en un gráfico generado por computadora. El paso siguiente al armazón esquemático es cubrirlo con una superficie, suavizar los límites de modo que los contornos sean menos angulosos, tender planos sobre un esqueleto de líneas rectas y alterar los valores lumínicos de las diferentes partes de la representación para indicar una fuente de luz uniforme. Nuevamente, las razones para destacar el sombreado y la suavidad derivan de la manera en que recogemos un cúmulo de indicadores de la corriente sensorial y los controlamos o los comparamos con nuestros modelos del mundo. El sombreado es uno de los indicios importantes que nos informa si la perspectiva, la iluminación, las proporciones del mundo o un cuadro del mismo son "correctos". Acercar el sistema de software a una base de hardware que pudiera brindar un poder discreto de computación era un hito necesario. Una vez que pasa la euforia de demostrar que algo funciona y podría ser útil, uno empieza a pensar en hacerlo lo suficientemente fiable para utilizarlo como instrumento científico.

Cuando hablé con Douglas Kerr, más de un año después que él dejara el proyecto, recordó que el principal problema en mantener el sistema de RV funcionando era el hecho de que procuraban realizar hazañas más bien difíciles con el hardware más barato posible. "Estábamos en la punta de la tecnología barata —recordó—. Empujábamos el paquete en todas las direcciones: la óptica, los sensores, la gráfica, la computación. Algo en un sistema como ése siempre se rompe. La calibración es un problema cuando se desea usar el sistema para investigaciones serias de los factores humanos."

El VIVED evolucionó en lo que fue la Workstation Ambiental de Interfaz Virtual (VIEW), que es la versión que yo experimenté en diciembre de 1988. El display estereoscópico acoplado a la cabeza bajaba desde un casco hasta un dispositivo en forma de caja y del tamaño de una máscara de scuba. Delante, decía NASA en letras rojas, lo que le dio cierto sentido de aventura la primera vez que yo me puse el HMD. El guante era de tejido liviano con cables que recorrían mis dedos por el dorso de la mano y luego, a través del cable umbilical, se unía a una computadora. El laboratorio mismo estaba tan atiborrado de gente que habría que usar la palabra "enhebrar" para describir el modo en que la gente se abría paso para atravesarlo. Pero esto no importaba mucho en función de las exploraciones virtuales, porque la cantidad de movimiento físico que el operador podía efectuar estaba limitada a un hemisferio de un metro y medio, centrado en el sensor fijado al montante de cabeza. La resolución del display era considerablemente mayor que en el primer modelo, con el equivalente de unas 300 líneas de barrido de televisión. Junto con el guante y el HMD había un pequeño micrófono para el reconocimiento del habla: la habilidad para convocar menús diciendo "abrir menú" y eliminarlos diciendo "cerrar menú". Esa parte del sistema no funcionaba, la primera vez que volé a través del ciberespacio, porque se necesitaba algún tiempo de preparación para "entrenar" el sistema para que reconociera la voz del operador. Y el display tridimensional de auditorio todavía no había sido instalado con la configuración de ese sistema la primera vez que lo probé. Pero poder meter la cabeza y las manos en un mundo, moverme alrededor en cualquier dirección y salir de allí y cambiarlo era suficiente para impresionarme la primera vez. No era la suavidad de la cabalgata la que captó mi imaginación, sino la amplitud del nuevo espacio que ese vehículo había abierto para la exploración.

El sistema que yo vi era una demostración de prueba para la idea de usar sistemas de RV en las misiones reales de la NASA, teniendo en cuenta posibles aplicaciones civiles de los resultados en medicina y visualizaciones científicas. VIEW era parte de un sistema que Fisher y sus colegas presentaron a sus patrocinadores como una interfaz de control telerrobótica muy eficiente. La idea de Marvin Minsky de la telepresencia (que se discutirá en capítulos posteriores) había estado durante años en el aire y las tecnologías telerrobóticas habían avanzado lentamente en algunos frentes, desde vehículos submarinos hasta prótesis de brazos; pero el sistema VIEW fue presentado como una interfaz ideal a los efectos de amplificar el poder de las operaciones existentes.

Además del display del mundo virtual el equipo de Fisher construyó una videocámara estéreo en una plataforma remota con suspensión universal, capaz de proporcionar imágenes estéreo en tiempo real; el plan consistía en avanzar hacia el día en que se pudieran combinar las imágenes estéreo de los robots en el mundo físico con las imágenes estéreo generadas por computadoras. El mantenimiento de una estación espacial, una de las preocupaciones principales de la NASA, requeriría muchos más técnicos en órbita de lo que la NASA pudiera enviar; la única solución práctica sería construir vehículos robóticos de reparación que pudieran ser controlados por un solo operador dentro o fuera de la nave mediante la telepresencia. VIEW era un laboratorio de ensayos para construir esos sistemas y para medir los factores humanos implicados en la operación. Otro requerimiento de una misión llevó a VIEW al mundo virtual así como al reino del teleoperador. Otro problema enfrentado por los astronautas era la complejidad del gran número de instrumentos requeridos para operar los modelos más adelantados de las naves espaciales. Combinando la idea de Knowlton de un display virtual con el trabajo de Dataland de Arch-Mac, el espacio de datos del proyecto VIEW comprendía múltiples estaciones de control virtuales, menús en espacios de tres dimensiones operados por la voz y el gesto, pistas tridimensionales de sonido y navegación a través de los datos.

Piense en sí mismo como un integrante de una pequeña tripulación de operadores humanos en una estación espacial, controlando y usando a veces las manos, las piernas, los ojos y la atención para guiar las operaciones de una tripulación mayor de robots controlados a distancia. Usted quiere estar preparado para la contingencia que le exigiera vestir un traje espacial e ir en persona a ese lugar. Y usted quiere poder reparar robots dentro y fuera de la nave espacial. Una vez que se encuentra en el traje espacial, dentro de un espacio casi vacío, los controles que usted ve en el traje son sus salvavidas literales; la información de la cual disponen de inmediato sus ojos y oídos puede representar la diferencia entre la vida y la muerte para usted y el resto de la tripulación humana. VIEW hace su entrada en el reino de los espacios virtuales de datos, en su rol de ambiente portátil de información para los astronautas que trabajan fuera de sus vehículos. No sólo puede ver (u oír) el estado de su provisión de oxígeno diciendo las palabras "control de oxígeno" y observando cómo aparece un display en el espacio, sino que puede mandar que aparezcan los diagramas detallados de reparación de una maquinaria compleja, tomar el diagrama virtual y colocarlo al lado del dispositivo que trata de ajustar o superpuesto a él. A usted le podría gustar que una voz le recuerde que tiene cinco minutos para volver a su exclusa de aire, y le vendría bien un faro acústico que lo guíe hacia la fuente de una perturbación en la superficie del vehículo o la ubicación de una entrada de emergencia, o bien dos fuentes acústicas que cambien según la proximidad que haya entre ellas y asistir así a la guía visual durante las precisas maniobras de anclaje.

Mountain View quedaba sólo a una hora de distancia, de modo que volví a la NASA/Ames varias veces en 1989. La primera vez retorné para *oír* mi via-

je a través del ciberespacio. El hecho de que vivamos en un mundo tridimensional se aplica tanto a las señales audibles como visibles, y parte de la visión original de Fisher respecto de VIEW incluía una especie de display auditivo tridimensional. Cuando Elizabeth Wenzel y Scott Foster tuvieron el Convolvotron funcionando, visité su laboratorio, que estaba en el hall, frente a la oficina de Michael McGreevy, me coloqué un par de auriculares binaurales y experimenté directamente lo que ellos querían decir con "espacios acústicos virtuales". Fisher había oído hablar del trabajo de la psicóloga perceptiva Wenzel y le pidió que viera la posibilidad de agregar sonido tridimensional al sistema VIEW; la doctora Wenzel invitó al profesor Frederick Wightman, de la Universidad de Wisconsin, y a Scott Foster, presidente de Crystal River Engineering. Ellos proporcionaron un medio de simular la ubicación de hasta cuatro diferentes canales de audio dentro de una esfera imaginaria que rodeaba al oyente. El dispositivo, llamado Convolvotron, era caro al principio, pero incluía dos microprocesadores que podían conectarse directamente a un ordenador personal IBM. Lo más importante era que funcionaba.

La psicóloga e investigadora Wenzel, perteneciente a la División de Investigación de Factores Humanos en el Espacio Aéreo, está convencida de que el audio tridimensional resultará útil para las aplicaciones espaciales y la visualización científica, en casos en que el video tridimensional podría estar limitado. El sistema de ellos funciona tomando en cuenta algunas de las modalidades en que funciona el aparato auditivo humano, desde los circuitos internos de procesamiento de las señales hasta las circunvoluciones de nuestros oídos externos, y crea un entorno invisible alrededor de nosotros, un mundo de sonidos con el cual estamos muy ligados, aun cuando nuestros ojos estén cerrados. Nuevamente la simetría bilateral de nuestros sensores biológicos desempeña un papel clave. Los humanos tienen dos oídos; podemos hacerlos girar moviendo la cabeza y las diferencias de las señales detectadas por esos sensores auditivos desempeñan un papel clave en nuestra capacidad de localizar los sonidos en el espacio. Nuestros ojos son como son —grandes para detectar alimentos potenciales— porque los predadores como los lobos y los humanos tienen ojos que apuntan hacia adelante. Los animales depredados como los ciervos, tienen un ojo a cada lado de la cabeza para detectar a los predadores potenciales. Los oídos externos, ignorados largo tiempo por los psicofisiólogos, que escudriñan las bases neurales de la visión, resultaron ser parte fundamental del sistema auditivo humano, muy preciso. El Convolvotron funciona tomando en cuenta el procesamiento de señales auditivas especializadas que "personalizan" lo que cada individuo oye, y la conformación del oído externo.

Antes de que me pusiera los auriculares en la oficina de Wenzel, ella me pidió que eligiera una música popular cualquiera. Elegí un clásico *reggae*. Entré en el ciberespacio acústico con el acompañamiento de Bob Marley y los Wailers. Cerré los ojos. Ahí estaba la banda donde generalmente las bandas están ubicadas, en alguna parte frente a mí y, en ocasiones, a la derecha o a la izquierda. Luego Wenzel puso un sensor Polhemus en mi mano y me dijo que

moviera el cubo a mi alrededor. Lo desplacé a lo largo de un brazo, encima y a la derecha de mi cabeza. Y es allí adonde se desplazaron los Wailers casi al instante. El Convolvotron hizo posible crear un punto de vista auditivo, una posición específica en el espacio acústico que hace juego con la posición del operador en el espacio visual y permitió situar y volver a situar esos objetos auditivos. Con él fue posible rastrear el avance de un sonido a través del espacio, hacer suposiciones sobre el tamaño del cuarto o la distancia a la fuente de sonido. El chirrido de una puerta a ocho metros detrás de mí, el amartillado de un gatillo a 12 metros a la derecha en la periferia de mi visión, la caída de los pitones de una cerradura a 15 centímetros de mi oído de pronto se volvieron posibles.

Las personas que diseñan salas de concierto y sistemas de audio para consumo investigan otros métodos para crear espacios controlables. Como en el caso de las tecnologías tridimensionales visuales, hay más de una manera de crear una ilusión perceptual. La tecnología de audio tridimensional de Convolvotron funciona porque modela una función humana específica de procesamiento de señales e intenta simularla en el silicio. La clave para el Convolvotron es algo que se llama HRTF (Función de Transferencia Relacionada con la Cabeza), un conjunto de respuestas matemáticamente modelables que nuestros oídos imponen a las señales que les llegan desde el aire.

Los sonidos se propagan como estelas de perturbación en un medio. El medio a través del cual oímos la mayoría de los sonidos es esa mezcla de gases que llamamos aire. Las estelas de perturbación, lo que la gente llama comúnmente "ondas sonoras", son mezclas de frecuencias, se propagan a una velocidad fija y son absorbidas por algunas superficies y reflejadas por otras. Las "propiedades acústicas" de un espacio están determinadas por el modo en que las ondas sonoras se reflejan y se absorben y se intersectan entre sí. Es el tipo de sistema que sólo se puede controlar por computadora y que requiere un mínimo de capacidad computacional por la complejidad de la tarea. Como en nuestro sistema visual el sistema auditivo comprende una relación activa e integrada entre nuestro cerebro y nuestros sensores. La distancia, el tamaño, la dirección del movimiento de un mosquito o de un avión a chorro son rastreados y localizados por la manera como el cerebro procesa la corriente de percepciones que le llegan desde los oídos. Controlamos ese flujo de percepciones de una manera similar a los controles que aplicamos para las percepciones visuales: giramos la cabeza en momentos extremos, ahuecamos las manos alrededor de las orejas y hacemos toda clase de filtrado interno automático que nos permite recoger sonidos específicos en ambientes ruidosos (el "efecto guateque" que permite a la gente rastrear diálogos específicos en el parloteo de una conversación multitudinaria). Millones de años en la Tierra de los mamíferos han moldeado un soberbio sistema de alarma acústico móvil; se trata sencillamente de encontrar las manivelas y adaptarlas dándoles el aspecto más apropiado a un mundo virtual.

La parte de nuestro sistema de supervivencia, que incluye un automode-

lo que conoce cuán separadas están nuestras orejas y a qué distancia del suelo deberían estar, está constantemente controlando y probando, filtrando, amplificando, comparando y compensando las señales captadas por nuestros oídos y transformadas por el tímpano y sus partes más internas. Aun las circunvoluciones de la oreja desempeñan un papel, convirtiendo lo que detectan nuestros oídos en modelos acústicos del mundo, haciendo una especie de transformación de todas las señales que llegan a través del oído externo. Es ahí donde llega el HRTF. Wenzel los llama "efectos acústicos, dependientes de la dirección y específicos del oyente, impuestos a una señal de entrada por los oídos externos". Wenzel y sus colegas crearon un modelo de computadora de un HRTF humano específico, a partir de la parte humana del sistema más que de la tecnología existente. Instalaron a personas reales en una cámara anecoica, los rodearon con 144 altavoces diferentes y midieron los efectos de señales procedentes de todas las direcciones moduladas con precisión, mediante diminutos micrófonos de prueba colocados cerca de los tímpanos del oyente. La forma en que los micrófonos distorsionan en los oídos del oyente el sonido proveniente de todas las direcciones es un modelo específico de la manera en que los oídos de una persona mapean el ambiente, y un modelo general de la forma en que la mayoría de los oídos humanos imponen una señal compleja a las ondas sonoras entrantes a fin de codificarlas en el espacio. Cada filtro de "posición" se detecta haciendo sonar uno de los 144 altavoces y se mapea según la función. El mapa de esos filtros de señales se convierte en números y se descarga de una computadora de escritorio AT de IBM a un dispositivo diseñado por Scott Foster. El dispositivo realiza en el silicio 300 millones de operaciones "multiplicar-sumar" por segundo y usa el modelo numérico basado en el HRTF para reconstruir cualquier fuente de sonido de modo que parezca llegar de un punto específico o de puntos diferentes dentro de una esfera acústica.

Parte de la utilidad de la realimentación acústica tridimensional consiste en que realza las pistas visuales y táctiles en un sistema de RV; no hay nada como el sonido de pasos detrás de uno para que uno se convenza de que se encuentra en una oscura arboleda, tarde por la noche, en una zona peligrosa de la ciudad; los sonidos tienen la virtud de erizarle a uno los pelos en la nuca. Y otro modo de hacer que los displays auditivos sean útiles es en la transmisión y reconocimiento de información rápidamente cambiante y compleja en situaciones en que la visión está obstruida, o haciendo que los efectos físicos sean perceptibles auditivamente, así como las simulaciones gráficas de computadora pueden hacer visibles los fenómenos científicos. Algunas de las aplicaciones que Wenzel y otros han citado para continuar trabajando en "visualización auditiva" —una frase que permanecerá en los anales de los oximorones o será reemplazada por una descripción más precisa de los amplificadores de la aprehensión auditiva— son para ser usadas por investigadores altamente especializados de modelos humanos. En 1989, Wenzel, Foster, Wightman y Doris Kisler presentaron la tecnología y la teoría subyacente, haciendo la siguiente observación: "Las aplicaciones de un display auditivo tridimensional

abarcan cualquier contexto en el cual es importante el conocimiento espacial del usuario, en particular cuando las pistas visuales están limitadas o ausentes. Los ejemplos incluyen los displays de control del tráfico aéreo para la torre o la cabina, ambientes de teleconferencias modernos, actividades telerrobóticas de control en situaciones de peligro y la 'visualización' científica de los datos multidimensionales".

Los "guiones" que Scott Fisher usó para fijar las metas de un proyecto de aplicación de la RV constituían un componente clave del proyecto VIEW. Un guión de ese tipo se organizó sobre la premisa de que los sistemas VIEW podían ser la clave para el desarrollo de un simulador quirúrgico, destinado a estudiantes de medicina, médicos cirujanos, y cirujanos plásticos, que "podía usarse como los simuladores de vuelo se usan para entrenar pilotos de aviones a reacción. Así como el piloto puede explorar literalmente situaciones que serían peligrosas en el mundo real, los cirujanos pueden usar un 'cadáver electrónico' simulado para hacer un planeamiento preoperatorio y el estudio del paciente. El sistema está estructurado de tal manera que los estudiantes cirujanos puedan mirar por los ojos de un cirujano principal y tener una visión protagónica de la manera en que éste realiza un procedimiento determinado... El cirujano puede estar rodeado por ventanas de información que se suelen ver en un quirófano, en forma de monitores que exhiben información de importancia vital y radiografías".

La posibilidad de utilizar el ciberespacio como medio de comunicación, de una manera que apenas si podemos entender ahora, fue planteada por Krueger y Negroponte en la década de los 70. En 1989, en una convención de tecnología en la que se exhibían los artículos de Pacific Bell, observé en medio de una multitud de gerentes de telecomunicación a Jaron Lanier, que procuraba abrirse paso para la demostración de "Realidad construida para dos", una exposición de medio millón de dólares de VPL sobre un espacio virtual compartido. Y más tarde vi cuán en serio tomaban los gerentes de investigación de telecomunicaciones japoneses la ideal del ciberespacio como una herramienta de comunicación o de colaboración. En 1990, Fisher escribió una puesta al día de otro guión que se desarrollaba desde los experimentos de "transmisión de presencia" en Arch-Mac, la posibilidad de "telecolaboración mediante la presencia virtual". Los orígenes de esa idea se comparten entre varias fuentes, Lanier entre ellos, y el desarrollo futuro de la tecnología requerirá una red de investigadores en diversos campos. La descripción que Fisher hizo en 1990 es un enunciado conciso de esa visión:

> *"La meta principal a corto plazo para el proyecto de un taller de ambiente virtual consiste en conectar por lo menos dos de los sistemas de interfaz prototipos comunes con una base de datos del ambiente virtual corriente. Los dos usuarios participarán e interactuarán en un ambiente virtual compartido, pero cada uno lo verá desde su punto de vista relativo y espacialmente diferente. El objetivo es proveer un espacio de trabajo de colabo-*

ración en el cual participantes ubicados a distancia puedan interactuar virtualmente con algunos matices de encuentros cara a cara, teniendo al mismo tiempo acceso a su espacio de datos personal. Esto podrá facilitar una valiosa interacción entre científicos que colaboran desde diferentes localidades a través del país... También será posible que cada usuario esté representado en ese espacio por una imagen virtual de tamaño natural de sí mismo en cualquier forma que elija: una especie de persona electrónica. Para el teatro interactivo o las aplicaciones interactivas de fantasía, esas formas virtuales abarcarían desde figuras fantásticas hasta objetos inanimados, o desde figuras diferentes hasta diferentes personas. Finalmente, aparecerán redes de telecomunicación que estarán formadas por servidores del ambiente virtual para que los usuarios llamen de lejos a fin de interactuar con otros usuarios virtualmente presentes."

Sin embargo, la visión de Fisher no se iba a materializar en la NASA durante su permanencia. Él se fue en 1990 para formar un estudio de investigación y desarrollo de la RV con Brenda Laurel, el Telepresence Research. En cuanto a lo expuesto aquí, estuvieron trabajando juntos en una especie de plan para un entretenimiento de RV y un proyecto educativo; ambos viajaron a Japón y creo que es justo decir que algo nuevo va a salir de su aportación al mundo de la RV, y que tenga que ver probablemente con la intersección de una telecolaboración y las interacciones teatrales tridimensionales en primera persona. El destino del proyecto VIEW y de la NASA misma no fueron propicios para la RV en Mountain View. El proyecto VIEW fue "desechado", como dicen en la burocracia de la investigación. Sin embargo, la gente de Sterling General —los veteranos de la RV Steven Bryson y James Humphries entre ellos— seguían trabajando en tecnologías habilitantes. Wenzel y otros seguían explorando el espacio acústico tridimensional, Stephen Ellis aún confía en que finalmente pondrá las manos en un sistema de RV en un laboratorio bien equipado, y Michael McGreevy sigue abogando por una misión de desarrollo de la RV para la NASA: una exploración planetaria virtual de los copiosos datos visuales transmitidos por las sondas espaciales. Según las palabras de McGreevy, "los planetas están siendo digitalizados", y por lo tanto son explorables imaginariamente si los datos sirven como base de un modelo navegable. Para concretar lo expuesto, McGreevy me mostró un video de un vuelo simulado sobre un modelo digital de una superficie planetaria, confeccionado con datos telemétricos reales. Mars the Movie, creado por Kevin Hussey y otros en el Laboratorio de Propulsión a Chorro de Pasadena, puso la perspectiva del visor justo encima de la superficie de Marte. LA the Movie hace un vuelo digital sobre Long Beach y apuntando hacia las colinas de Hollywood virtuales.

El personal antiguo de la NASA, como Stephen Ellis y Michael McGreevy, tenía su manera de reaccionar a los reveses de fondos temporales. No me sorprendería ver que la RV sobrevive en la NASA de varias maneras y continúa contribuyendo con datos valiosos sobre los aspectos de los factores hu-

manos en el ciberespacio. Pero ya no es la Meca de la RV adonde van los peregrinos de investigación y desarrollo para recibir su dosis de experiencia de conversión. Tampoco es el centro de un esfuerzo de investigación a gran escala. Los contratistas que aprendieron a construir componentes de los sistemas de RV de acuerdo con las especificaciones de la NASA representan un posible principio de una nueva ola en el desarrollo de la RV, las primeras empresas comerciales dedicadas a proveer material de exploración para el ciberespacio. La investigación seguirá en las universidades y los laboratorios de las empresas de tecnología establecidas. Considerando la historia pasada de Silicon Valley, si la RV está por abandonar los laboratorios e irrumpir en los hogares y las oficinas, será gracias a una empresa desconocida que dé el arranque y tenga una visión del camino que ha de emprender la tecnología. Conozco una docena de empresas de RV ya ahora: Autodesk, Sense8, Telepresence Research, Fake Space Labas, Pop Optix, Polhemus Navigation Systems, RPI, Enter, Division, Simmgraphics. Creo que la mayoría de ellas está de acuerdo en que el primer promotor de la RV comercial ha sido VPL Research y su inimitable director ejecutivo, Jaron Lanier.

7

El nacimiento del negocio de la realidad virtual

"La RV es compartida y está presente objetivamente como el mundo físico, se compone como una obra de arte y es ilimitada e inofensiva como un sueño. Cuando se disponga de la RV ampliamente, a finales de siglo, no se la verá como un medio usado en la realidad física, sino más bien como una realidad adicional. La RV inaugura un nuevo continente de ideas y posibilidades. En Texpo '89 pisamos tierra en este continente por primera vez."

VPL RESEARCH, INC.
Virtual Reality at Texpo '89, 1989

En el interior de Jaron Lanier (que cumplió los treinta el año pasado) hay un niño precoz de ocho años que se reunió con algunos amigos y construyó una nave espacial. Ahora bien, él desea que todos hagamos un viaje en ella. Uno debe entender eso de Jaron antes de poder tratar con las otras capas de su identidad que parece irradiar cada hora. Es el director ejecutivo y el fundador del VPL Research, Inc., la empresa que desarrolló y que comercializa los DataGloves y los EyePhones que usan la mayoría de los investigadores de RV; es un millonario en teoría si la VPL mantiene su éxito. Estuvo ideando una técnica para que la gente pudiera programar computadoras con gestos mágicos. Es un "desertor" autodidacta. Y es un Personaje, con una P mayúscula —varios Personajes, de hecho—. Ahí está el idealista candoroso que parece creer que la RV va a ser una verdadera fuerza pura para el bien en el mundo, "un nuevo plano de realidad que estremecerá a todos". Ahí está el sagaz hombre de negocios que encontró un capital para arriesgar y montó una compañía y que ya ha sobrevivido a varias tandas de litigios que surgen alrededor de las nuevas tecnologías promisorias. Ahí está el programador científico, el músico, el filósofo. Y ahí está el tipo con la asombrosa cabellera, la estrafalaria biografía y la incapacidad de resistir las caprichosas especulaciones sobre la era surrealista que su empresa está tratando de introducir.

Los personajes de Lanier ya han generado mucha atención de los medios,

en parte concentrada sobre su apariencia e historia heterodoxas tanto como sobre la tecnología. Un tipo de aspecto extraño para una idea que suena rara. Hace las delicias de un escritor y muchos le hemos gastado bromas, desde el *The New York Times* hasta el *National Enquirer*. ¿Para qué estar a la caza de una historia interesante cuando se puede empezar con el propio Jaron Lanier? Un croquis detallado de su cabeza anacrónicamente hirsuta, marciana, leonina, adornó la primera plana del *Wall Street Journal*, titulada más bien injustamente "Electronic LSD" (injustamente porque Jaron no se dedica a las drogas recreativas. Ni siquiera bebe. Estuvo en un jardín de infancia en un rincón remoto en New Mexico durante la era hippie). Los fotógrafos le echaban una mirada y lo enfocaban desde los ángulos más excéntricos.

Me aficioné a coleccionar descripciones de Lanier hechas por otros periodistas. Cito aquí algunas de mis favoritas:

> *"En Palo Alto, justo fuera del Camino Real, una sucia senda sin salida conduce a una serie de casas al estilo de cabañas rodeadas por malezas muy crecidas. La tercera casa a la izquierda, con todas las persianas cerradas, es donde vive Jaron Lanier. Es tarde por la mañana y Lanier atiende la puerta, los ojos enrojecidos, parpadeando por la luz de sol desacostumbrada. Parece un oso grande y desgreñado, con el pelo castaño que le cae naturalmente alrededor de su cara barbada al estilo de las cabelleras enruladas de Jamaica. Una camisa india larga a modo de túnica, rasgada en el bolsillo, cae hasta la mitad de sus pantalones negros."*

Era Sherry Posnick-Goodman que informaba en *Península* con mucha precisión. He ido a la cabaña y las persianas realmente estaban cerradas; es muy difícil cambiar el hábito si uno creció en el desierto. He visto esa camisa o una muy parecida. Y está menos que despierto del todo si uno va a visitarlo demasiado temprano por la mañana. Steve Ditlea, al escribir para la revista *New York*, lo llamó "el mago de lo raro". Y John Barlow escribió en *Mondo 2000*: "Amable, franco con sus terribles rulos, se parecía a un 'hobbit' rastafariano". Es cierto, cierto y cierto. Es grande, es raro y es amable. Y según Marvin Minsky, "es uno de los pocos informáticos que tiende a lo grande". Piense lo que quiera de él, no se puede negar que una conversación con Jaron Lanier suscita a menudo vuelos súbitos a lugares inesperados.

Jaron Lanier es un imán para la atención, pero esto sólo es un efecto colateral de la energía pura que emite en forma de teorías, visiones, proyectos, tonadas y epigramas ("la información es experiencia alienada", "la RV el primer medio que no reduce el espíritu humano"). En la mente de muchos que han leído acerca de la RV en la prensa popular, se lo ha identificado en persona con esa tecnología. Los periodistas que no han estudiado el tema tienden a usar frases tales como "La realidad virtual de Jaron Lanier", que puede irritar a los que han trabajado con displays de cabeza y experiencias de inmersión durante años. Lanier juntó a Zimmerman y su hardware con un equipo sobre-

saliente de software, trabajó en estrecha colaboración con los programadores de la NASA durante años y aseguró fondos para sus empresas. La VPL es hoy un equipo de alegres entusiastas, sus oficinas son una colmena permanente de programadores, niños y periodistas, y sus productos se encuentran en todos los laboratorios de RV en el mundo.

Lanier hace cosas de una manera diferente a la de los demás, sobre todo porque eso es lo que ha hecho siempre desde edad temprana. Siendo niño, se mudó con el padre a un rincón remoto de Nuevo México, donde construyeron una enorme casa formada por cuatro cúpulas geodésicas. Por lo que cuenta hoy al respecto, el no conformismo de Lanier no le fue propicio en su temprano entorno. Como otros visionarios, tenía buenas razones para dedicar su atención a las fantasías más que a las realidades que lo rodeaban.

—Yo era un niño muy extraño y socialmente la mayoría de la gente me rechazaba —admite hoy con una expresión resignada y positivamente alegre. Entonces, como ahora, no procuró imponer orden a su cabello anárquico ni intentó ser formal con su ropa. Desertó de la escuela secundaria para ser músico. En esa época no estaba para nada interesado en las computadoras. Fue entonces cuando recogió la idea de que "la información es experiencia enajenada". Objetó que la vida tuviera que ser dividida en fragmentos binarios para ser modelada por las computadoras. Sin embargo, le atrajo la idea de que las computadoras pudieran usarse como instrumentos musicales, porque siempre se consideró a sí mismo como músico en primer lugar. Aprendió bastante sobre computadoras como para encontrar trabajo de programación en la universidad más próxima, incluso trabajo sobre simulaciones educativas que le probaron en parte el potencial de la tecnología. Y le gustó la idea del grafismo computacional. En una entrevista en 1988, dijo que las primeras computadoras que vio le hicieron pensar sobre la forma de modelar mundos con una computadora: "Sentí que las imágenes en la pantalla estaban confeccionadas con pequeñas realidades que podían ser cambiadas".

Lanier había dejado la escuela secundaria a los quince años, logró ingresar en los cursos de matemáticas en la Universidad Estatal de Nuevo México, trató de convertirse en compositor de música en Nueva York, volvió a Nuevo México. En 1981, enfiló hacia el Oeste en un coche que había sido abandonado por contrabandistas de drogas: "No tenía suelo, arrancaba con un destornillador y tenía agujeros de balas en un costado", le gusta recordar. Empezó a aprender algo sobre computadoras en serio cuando llegó a Silicon Valley. Era el auge de los ordenadores personales y de los videojuegos, e hizo más dinero creando efectos de sonido para los juegos de computadora de lo que consiguió siendo músico. Aprendió rápidamente el arte de programar y empezó a crear sus propios videojuegos para Atari. Uno de ellos, Moondust, fue un gran acierto en 1983, y le produjo regalías que le bastaron para dejar su cargo y abrir su propio negocio. Lanier había descubierto que era uno de esos jóvenes que tenían la capacidad de crear sortilegios simbólicos para que las computadoras se concentraran y realizaran trucos en las pantallas de CRT, y lograban que em-

presas como Atari cosecharan más de mil millones de dólares por año. Siendo precoz, aun entre los prodigios de software de Atari a principios de la década del 80, Lanier tuvo la idea de que podía crear un lenguaje de computadora enteramente nuevo, uno que podrían usar los no expertos, uno que ampliara imágenes y sonidos hermosos en lugar de áridos códigos alfanuméricos.

Jaron Lanier atrajo mi atención por primera vez en 1984, cuando *Scientific American* puso un modelo de su lenguaje de programación visual en la tapa. En lugar de las líneas corrientes incomprensibles de programación (tales como "if X > 0, then goto 20"), un grupo musical con gráficos igualmente incomprensibles pero más fascinantes, de canguros, cubos de hielo que se derriten y pájaros que gorjean, fue representado como programa de computadora del futuro, en el lenguaje que estaba en proceso de elaboración y que Lanier llamaba Mandala en aquel entonces. Ese artículo de la tapa llevó al mito original de VPL Research, Inc.: cuando los directores de la revista invitaron a Lanier y le preguntaron el nombre de su empresa, no le pareció bien decirles que no tenía nombre, así que contestó: "VPL Research, Inc.". La empresa ocupa ahora varios pisos de un edificio de oficinas, ubicado entre la dársena de yates de Redwood City en la bahía de San Francisco y la carretera 101, la arteria principal de Silicon Valley. Es una típica operación de arranque de Silicon Valley con algunos panoramas excepcionales. Además de Jaron mismo hay una pared donde se exhiben de veinte a treinta prototipos obsoletos de guantes. VPL ha crecido hasta tener como treinta y cinco empleados cuando los conté la última vez. En ese momento no habían sobrepasado todavía el modesto grupo de ambientes que mirarán con nostalgia desde las alturas del edificio de VPL dentro de diez años, si las cosas siguen de acuerdo con el plan. ¿Por qué no? Éste es el lugar en que las cosas ocurren así: usted puede ver los cuarteles generales del NexT, la empresa de Steve Jobs posterior a Apple, desde las oficinas de VPL.

En 1985, cuando hice mi primera visita, VPL era un rincón de la cabaña fantasmagórica de Lanier en Palo Alto. Él sigue viviendo allí, aunque podría comprarse la propiedad inmueble de Palo Alto si lo quisiera. El mobiliario principal sigue siendo la misma colección de 300 instrumentos musicales raros que llenaron el lugar hace cinco años. No es fácil encontrar en Palo Alto casas que amedrenten como esa de Lanier, pero él logró encontrar una de las calles no pavimentadas que habían quedado en ese enclave de clase terriblemente media alta, sombreada por árboles y con abundante césped. Volví allí hace poco para preguntarle sobre los proyectos presentes de VPL. El equipo de computadoras sigue desparramado por allí y las paredes, suelo y parcialmente el techo siguen cubiertos con instrumentos musicales exóticos de todo el mundo. Gaitas de Turquía. Tambores de Gabón. Shakuhachis y sitares. Ningún orden particular. En el medio de todo eso está Jaron Lanier con su atavío.

Hice esa primera visita para averiguar algo de Mandala, el lenguaje de programación que quizás habilitaría a los no programadores a comandar sus computadoras mediante pequeños diagramas con cubos de hielo y pájaros que

gorjean y otras imágenes visuales. Yo no sabía hasta llegar allí que el dispositivo de entrada a ese nuevo lenguaje era un guante desarrollado por Lanier y un colega. En esa época yo estaba escribiendo un libro sobre el futuro de los lenguajes de programación, y las palabras de Lanier, como están citadas en el libro, parecen casi proféticas hoy: "Yo creo que los lenguajes de programación corrientes constituyen la forma larval de algo mucho más interesante que madurará en los próximos diez años —me dijo hace cinco años—, una nueva forma de comunicación en el mismo nivel del habla y de la escritura". Me parece ahora que tendremos que esperar más de cinco años hasta que ese lenguaje de programación, todavía sin terminar (llamado ahora Embrace) se vuelva tan importante como la comunicación simbólica. Pero si alguien me hubiera preguntado hace cinco años si yo nominaría a Jaron Lanier como ola de avanzada de una nueva industria en la década de los 90, yo habría admitido eso como posible, pero dudo que hubiera apostado algo.

Jaron Lanier tiene profusos sueños para el futuro tecnológico, pero su sueño más antiguo es el de lograr que las computadoras habiliten a las personas a intercambiar simulaciones —imágenes y sonidos y modelos dinámicos— del mismo modo que intercambiamos palabras habladas y escritas hoy en día. Él llama a ese metalenguaje futuro, aumentado por computadora, "comunicación postsimbólica", y aunque ya conocía el guante, Lanier no había empezado todavía a trabajar con los displays de cabeza. "Cuando usted hace un programa y se lo envía a alguien —me explicó hace cinco años—, sobre todo si ese programa es una simulación interactiva, es como si usted hiciera un nuevo mundo, una fusión de los reinos simbólicos y naturales. En lugar de comunicar símbolos tales como letras, números, pinturas y notas musicales, usted crea universos en miniatura que tienen sus propios estados y misterios internos que deben ser descubiertos." No usó el término "mundo virtual", pero era eso lo que parecía describir.

—Ahora le voy a mostrar algo —dijo la primera vez que me encontré con él, años antes de que cualquiera de nosotros hubiera pronunciado la palabra "virtual" para describir cualquier cosa que pudiera hacer una computadora. Nos abrimos camino con un poco de fantasía, por encima y alrededor de objetos particularmente voluminosos de función desconocida, atravesamos más habitaciones en las cuales había más instrumentos musicales que muebles, y nos sentamos frente a una computadora. Era literalmente el ordenador personal más barato que se pudiera adquirir en aquel tiempo, un Commodore 64, un ordenador que la gente compraba para sus chicos durante el primer auge de los ordenadores personales de principios de la década de los 80. Me explicó que toda la idea de un lenguaje de programación pictórico, controlado por gestos, surgió de su deseo de crear nuevas formas de música orquestando instrumentos simulados. A mitad de camino en su proyecto de composición musical, se dio cuenta de que sus ideas podían aplicarse a un lenguaje de programación generalizado que usara una notación puramente icónica.

En aquel entonces lo describí de la siguiente manera: "Lanier basó Man-

dala en la idea de representaciones dinámicas. El propio lenguaje es una simulación gráfica del interior de la computadora. El programador puede observar las operaciones de la computadora en un nivel adecuadamente alto de la representación mientras que los programas se van ejecutando, de modo que el usuario se encuentra en una interacción constante con el estado interno de la máquina. El programador interactúa con las representaciones de Mandala mediante el uso de un único dispositivo de entrada, un guante". Yo no relacioné lo que vi en el taller de la cabaña de Lanier con lo que había visto simular por Scott Fisher en Atari Research un par de años antes, pero esa pantalla barata y el propio guante eran la mitad de la realidad virtual. La otra mitad de una RV en funcionamiento era la parte que convence a los usuarios de que están sumergidos dentro del ambiente que están manipulando. Le hubiera correspondido a Scott Fisher traer la idea de un viaje sustituto, el HMD y las tecnologías de rastreo de la cabeza, y un contrato para una versión del guante que pudiera funcionar como un dispositivo de entrada a un mundo virtual de tres dimensiones. Antes de que irrumpiera la NASA/Ames, sin embargo, el uso de un guante como dispositivo de entrada a una computadora había surgido de otra convergencia: Lanier, con su lenguaje de programación visual, conoció al inventor del guante, Thomas Zimmerman.

Jaron Lanier conoció a Thomas Zimmerman en 1983, en una reunión de gente que usa los ordenadores personales junto con los sintetizadores electrónicos de música. Zimmerman había inventado un guante por razones que poco tienen que ver con las metas de Jaron Lanier: quería hacer verdaderos "rasgueos" de guitarra y encontrar una manera de usar el cuerpo humano a modo de instrumento musical. No estaba en la casa de Lanier la primera vez que lo visité en 1985. El periodista Steve Ditlea apareció en mi casa con Zimmerman poco después de que yo empezara a escribir este libro, de modo que su parte de la historia la obtuve directamente de él. Alto y delgado, pocos años mayor que Lanier, con opiniones muy confusas acerca de la causa de la RV, es lo opuesto de Lanier en muchos aspectos. En 1981, en la época en que su futuro socio conducía un cacharro acribillado a balazos a California, Zimmerman estaba en la otra punta del continente, realizando sus primeros experimentos con realimentación gestual del cuerpo. "Recuerdo que tecleaba un programa en una de las primeras computadoras de Atari, en el hogar de mis padres en Queens, Nueva York —me contó con una sonrisita en la cara—. Estaba sentado enfrente de la computadora con los pantalones que me resbalaban hasta los tobillos de forma que pudiera fijar los sensores a mi rodilla con una venda adhesiva y había unos cables que iban desde mi cuerpo a una caja que estaba conectada con la computadora."

Le pareció a Zimmerman que la parte más interesante del cuerpo, como dispositivo de entrada gestual a un sintetizador musical, sería la mano. Éstos son los rasgueos que los muchachos adolescentes y aun mayores simulan a menudo tocar en la guitarra con los dedos mientras escuchan música rock. Si se pudiera colocar un guante con los sensores adecuados para determinar la

posición de cada dedo y la posición de la mano en el cuarto y rastrear los cambios de posición en tiempo real, enchufar el guante en un dispositivo sintetizador de música y crear algún software para traducir los movimientos en música, se podría eliminar la guitarra física por completo. Su nivel de pregraduado era del MIT y él era un empedernido creador. Zimmerman salió y compró un viejo guante de trabajo y algunos elementos por menos de diez dólares.

El secreto era mantener todo muy liviano. Las manos del dermatoesqueleto que apresan la mano humana habían sido construidas antes, tanto como en los años 50, pero eran demasiado burdas para los propósitos de Zimmerman. Él empleaba tubos plásticos huecos, delgados y flexibles, que conducían la luz, no como las fibras ópticas, pero el resultado era similar en el sentido de que se podía enviar una luz que entrara por un extremo y saliera por el otro, aunque el tubo estuviera doblado alrededor de los ángulos o sobre los nudillos. Sobre cada dedo pasaba un tubo y recorría el dorso de la mano. En un extremo de cada tubo flexible conductor de la luz, había una fuente de luz electrónica de poco precio; en el otro extremo había un fotosensor electrónico barato. Cuando los tubos están doblados la cantidad de luz que atraviesa el fotosensor disminuye en una cantidad medible. No es el enfoque más preciso, pero puede funcionar para enviar una señal continua desde los dedos y nudillos, registrando groseramente los cambios de posición de los dedos. En 1982, Zimmerman se presentó para obtener una patente para su guante óptico-flexosensible y se le concedió la patente de Estados Unidos n.° 4.542.291. El alcance de la patente no fue tan amplio como pudo haber sido, porque un investigador llamado Gary Grimes, que trabajaba en los laboratorios Bell, había patentado un dispositivo de interfaz de computadora basado en un guante, en 1981; el guante de Grimes usaba pequeños conmutadores en cada articulación de los dedos. Bell sin embargo no siguió con el trabajo de Grimes.

Mientras que esperaba que el proceso de la patente siguiera su curso, Zimmerman fue a trabajar a un nuevo lugar emocionante, el Laboratorio de Investigaciones Sunnyvale de Atari. Allí conoció a Scott Fisher, Jaro Lanier y a los otros infonautas. El lenguaje de programación visual de Jaron Lanier y el guante óptico de Thomas Zimmerman convergieron cuando este último asistió a una reunión de músicos computerizados en la cual Lanier daba una charla. Lanier y Zimmerman hicieron un trato. Zimmerman se convirtió en uno de los fundadores de VPL Research Inc. y le asignó la patente, empezando luego a trabajar en la siguiente generación del guante. Lanier dio la idea de adjuntar sensores de posición absoluta al guante. La investigación es la parte del proceso en la que uno encuentra *cómo* debe hacerse algo, y el desarrollo es cuando se empieza a buscar los métodos mejores y más eficientes para hacerlo. El modelo mejorado tenía fibras ópticas más exactas, más livianas, más delgadas (inventadas por Young Harvill) en lugar de las guías de luz. El revestimiento en cada manojo de fibras se inscribe (se rasga) en cada nudillo. El grado de flexión de cada nudillo determina directamente cuánta luz pasa a través de las

ranuras calibradas con precisión, antes de llegar al fotosensor en el extremo del manojo óptico.

Pero el hardware es sólo la mitad de la historia. Alguien, o más probablemente varios, deben codificar con mucho esfuerzo y optimizar una serie de programas de computación que convierten al hardware en una máquina de la realidad. Charles Blanchard y, más tarde, Young Harill y Steven Bryson, quien ahora trabaja en la Sterling General, otro contratista de la RV de la NASA/Ames, trabajaron con Zimmerman y Lanier durante dos años para perfeccionar el software que conectaba las señales desde el guante al modelo del mundo en la computadora. Los requerimientos de software para un sistema de RV incluyeron varios sistemas diferentes que debían trabajar en estrecha conexión unos con otros. Primero, se necesita un medio para convertir las señales eléctricas analógicas de los sensores de flexión en un flujo de información digital. Luego se necesita un programa que modele el mundo virtual, y que debe incluir o comunicar con el software representativo: programas que instrumentan las salidas visual, auditiva y otras para describir el mundo virtual al operador. Los programadores deben diseñar el modelo del mundo, su representación y los sistemas de entrada de tal manera que no gasten el tiempo precioso de respuesta mandando los datos para atrás y para adelante. Todo esto da un mundo vacío, carente de rasgos. A fin de crear el propio mundo virtual, se necesita una herramienta para confeccionar los modelos gráficos tridimensionales de computadora.

Uno de los programas de Harvill se convirtió en el *Swivel RB2*, la herramienta modeladora disponible por lo general para crear el diseño escultural de los mundos con sistemas VPL. Mandala, el lenguaje de programación visual de Lanier, cambió su nombre por Grasp. El lenguaje de programación visual, que ya lleva funcionando 8 años, ha cambiado su nombre por Embrace, y Lanier lo conduce para transformarlo en una herramienta de RV. Varias partes del proyecto original Mandala, junto con otras partes enteramente nuevas que inventaron los programadores de Lanier, evolucionaron transformándose en el sistema software que vende hoy la VPL. El programa dinámico es el producto VPL diseñado por Chuck Blanchard, llamado The Body Electric. La parte que convierte el mundo virtual en tiempo real se llama Isaac. Solamente la parte más primitiva de la infraestructura de software para VIVED ha sido completada cuando la VPL proporcionó el guante según lo especificado por la NASA/Ames; le correspondió a Warren Robinett y luego a Douglas Kerr crear su propio sistema para las computadoras de la NASA. El tiempo y el esfuerzo que demanda la programación de los sistemas de RV son factores en la maduración de la tecnología que no pueden incrementarse en órdenes de magnitud cuando se llega a disponer de un nuevo microchip. Pasaron varios años para que tanto la VPL como la NASA/Ames perfeccionaran sus softwares y los optimizaran hasta ponerlos a nivel de las potentes generaciones de computadoras que han aparecido en los últimos cinco años.

He estado en los laboratorios y oficinas de VPL una media docena de ve-

ces y me he encontrado con Lanier en una serie de cafeterías, confiterías y restaurantes durante estos últimos dos años mientras estuve rastreando la VPL para este libro. Recuerdo que ambos comíamos unos buñuelos y yo tomaba café en una cafetería de Palo Alto cuando él describió la evolución de la empresa desde el estado en que yo la había visto en 1985, hasta lo que es en el día de hoy. Una noche, en 1984, el joven equipo de VPL terminaba la interfaz de software y conectaba el guante a la versión de juguete del lenguaje de programación visual. "Recuerdo que entró un amigo mío —contaba Lanier—, y dijo: 'Éste es el lugar más emocionante que haya en la Tierra'."

—La SRI ofreció contratarnos como laboratorio —agregó Lanier—, pero estimaron que llevaría veinticinco años hasta que la tecnología llegara al público. De modo que decidimos seguir trabajando solos. Marvin y Margaret Minsky fueron mis primeros inversores después de que hube gastado todo el dinero que ganara con Moondust. (Ambos Minsky reaparecen en capítulos posteriores.)

Jean-Jacques Grimaud llegó a la VPL desde la industria de computadoras francesas, y también uno de los mayores inversores de VPL, Thompson Avionics. Grimaud se convirtió en presidente de VPL, Lanier siguió siendo el director ejecutivo. Su primera venta del DataGlove, de acuerdo con Lanier, se hizo a la Thinking Machines Corporation, la empresa de Cambridge, Massachusetts, fundada por otro prodigio de la computación, Daniel Hillis. Hillis era y es un pionero en el campo de las arquitecturas masivamente paralelas de computadoras en las que muchos procesadores individuales están vinculados formando una especie de red informática. "Fue la primera compra para Thinking Machines y la primera venta para VPL", me dijo Lanier. Luego vino el contrato de la NASA. Fue Margaret Minsky la que le dijo a Lanier y compañía que se presentaran junto con Scott Fisher en la NASA/Ames. El contrato de la NASA los obligó a refinar su tecnología y dio importancia a la VPL cuando un artículo de cubierta del *Scientific American* en octubre de 1987 representó al DataGlove en una ilustración para un artículo sobre el laboratorio de Realidad Virtual de la NASA/Ames.

Los primeros negocios de VPL reflejan la gama ecléctica de los intereses de Lanier, la índole intrínsecamente de fines generales de la tecnología de RV y la estrategia de VPL de trabajar para desarrollar su mercado en etapas y sobre varios frentes paralelos. En 1987, una empresa llamada Abrams-Gentile Entertainment (AGE) ofreció acceso a la VPL a las empresas de juguetes. VPL y AGE desarrollaron entonces una versión de guante, adecuada para venderla como dispositivo de entrada para los videojuegos populares Nintendo, un mercado que se mide en decenas de millones. El PowerGlove terminó por atraer a los ingenieros de Mattel. Durante ese proceso la tecnología de DataGlove cambió transformándose en otra cosa. Un pleito sobre quién inventó qué cosa se solucionó tranquilamente y VPL comparte los *royalties* de Mattel con AGE. Se ha vendido aproximadamente un millón de PowerGloves, y las previsiones de ventas anuncian dos millones para finales del año 1991. El DataGlove

de VPL se vende por 8.800 dólares. El PowerGlove de Mattel se vende por debajo de los 100 dólares. La clave de la diferencia de precio está en que el PowerGlove usa una tinta eléctricamente conductora impresa sobre una tira de plástico flexible que sigue a cada dedo, en lugar de manojos de fibras ópticas mucho más costosas (y más precisas) usadas en el DataGlove. Los cambios de flexión de los dedos cambian las propiedades de la conducción eléctrica de cada tira.

La posición absoluta del PowerGlove —cuando la mano está en el cuarto— también se determina mucho más económicamente, si bien con menos precisión, mediante una tecnología ultrasónica. Ivan Sutherland ha experimentado con ultrasonidos, y algunos de los primeros prototipos de VPL también los usaron. Pulsos inaudibles de muy alta frecuencia son emitidos por tres fuentes alrededor del marco de la pantalla televisiva que actúa como display del sistema Nintendo. Un sensor en el guante y los cálculos basados en las características del sonido suministran la posición absoluta del guante. El sonido tiende a ser reflejado por los objetos en formas extrañas, y si algo obstruye la transmisión lineal entre el guante y la pantalla, las lecturas se vuelven inexactas. Pero por menos de 100 dólares, una versión practicable de un guante que puede ser estampado en circuitos impresos y moldeado en plástico al vacío, un sistema ultrasónico y electroconductor, funciona bastante bien. No me sorprendería ver una versión acabada por aproximadamente el mismo precio dentro de uno o dos años. Técnicamente no hay motivo para que los sensores ultrasónicos de posición con tinta electroconductora no puedan ser mejorados y fabricados a un costo aún menor. Si aparecen tecnologías aún mejores para perfeccionar drásticamente el funcionamiento, habrá una infraestructura para fabricar grandes cantidades de guantes.

Probé una versión prelanzamiento del PowerGlove y juegos asociados en las oficinas de Nueva York de AGE en el verano de 1989. Los hermanos Gentile (la "G" de AGE) parecían estereotipos neoyorquinos exigentes y pragmáticos, así como Jaron Lanier parecía un estereotipo californiano despreocupado y poco práctico. Las oficinas de AGE eran un supermoderno altillo en el mismo edificio que ocupaba Studio 54. Pude ver cómo surgían naturalmente los desacuerdos entre dos operaciones tan distintas. Pero yo estaba allí para meter mi mano en un PowerGlove, que todavía no estaba disponible en el mercado. Como juguete era un objeto atrayente, sujeto con correas sobre el dorso de la mano, con guías en los dedos, tiras que rodeaban la muñeca y se extendían por el antebrazo, botones y otros controles. Como RV, era mínimo. Como juego era muy atractivo. Descubrí que era más que divertido boxear con un peso pesado de videojuego. Quedé absolutamente fascinado cuando me coloqué una versión barata de gafas electrónicas y traté de agarrar unos socarrones duendecillos púrpura en el aire y meterlos en un cofre del tesoro que flotaba enfrente de mi rostro.

El PowerGlove no sería una tecnología de mi elección si yo quisiera anclar moléculas virtuales. Pero hay probablemente un centenar de miles de

adolescentes con dinero en los bolsillos por cada químico farmacéutico que necesite herramientas de visualización háptica. Y en eso reside la preeminencia del PowerGlove. El notable tamaño, el golpe financiero y la economía a gran escala que la industria de los juguetes aporta al negocio de la RV son un comodín en la futura evolución de la industria de la realidad virtual. Si el guante mejora su exactitud y baja de precio, si las versiones de juguete de los trajes de entrada de cuerpo entero llegan a ser disponibles junto con las gafas tridimensionales de juguete, entonces las enormes ganancias potenciales podrían seguir interesando a la investigación y al desarrollo. Unos meses más tarde yo iba a ver en los laboratorios de investigación y desarrollo en Fujitsu, en las afueras de Tokio, que otros actores importantes en la industria de la experiencia estaban interesados en el potencial de entretenimiento de los consumidores. Y acabo de enterarme de que la VPL ha firmado un contrato con uno de los mayores conglomerados de entretenimiento para desarrollar la RV como un medio de diversión. Desde los simuladores de vuelo de la Segunda Guerra Mundial hasta los juguetes tecnológicos, la RV sigue siendo impulsada por fuerzas imprevistas, en particular cuando Jaron Lanier y VPL entran en juego. Mientras que la VPL se mantenga en el negocio, espero ver a Jaron Lanier en la mayoría de las encrucijadas extrañas.

La VPL domina el mercado de la entrada por guante, por pequeño que sea, pero no está sola. Otros han desarrollado transductores para la entrada por mano y dedo usando diferentes tecnologías. No es fácil ver cómo desplegará sus velas la industria basada en dispositivos de entrada por mano. La VPL podría terminar dominando; podría haber trabajos paralelos en investigación, industria y entretenimiento; o podría surgir una empresa que nadie conoce todavía. Elizabeth Marcus elaboró un dispositivo dermatoesquelético liviano mientras estuvo en Arthur D. Little, luego se fue para formar su propia empresa, Exos, Inc., para comercializarlo. La conocí en Santa Bárbara en una conferencia de RV y tuve la suerte de meter la mano en el dispositivo. Decididamente, lleva más tiempo colocar una mano en un dispositivo Exos, puesto que cada dedo debe introducirse con esfuerzo pasando por tres mecanismos en forma de anillos. En cada articulación, un sensor mide la deflexión angular mediante una tecnología basada en "el efecto Hall". Ella pretende que si bien el dispositivo Exos es más voluminoso y menos conveniente que un guante, provee la detección precisa de posición que es necesaria en cierta clase de tareas. Otras clase de guante fue desarrollada por James Kramer, un estudiante del departamento de ingeniería eléctrica de Stanford. Junto con Larry Leifer, director de investigación y desarrollo de rehabilitación en Stanford, Kramer elaboró un guante con calibradores de tensión que convertían las palabras expresadas con los dedos en habla, para ser usados por sordomudos y personas ciegas y sordas. La VPL entabló juicio a Kramer y Stanford; el juicio fue solucionado fuera de la Corte. Yo probé también el dispositivo de Kramer en Santa Bárbara, para leer en un cuadro de posiciones alfabéticas con los dedos. Pude usar los dedos para deletrear lentamente las palabras, mediante un siste-

ma de síntesis de la voz. El sistema de Kramer también se puede usar para la RV. Cuando se desarrolle un clima competitivo en el mercado de guantes de entrada, y si ello se produce, caerá el precio de los dispositivos de buena calidad.

Lanier y la VPL no se limitaron a los guantes. Después del guante de la NASA y de los éxitos iniciales de comercialización del DataGlove, VPL se puso a trabajar en una versión comercial del display de cabeza. Empezaron con una óptica especial de gran angular y de baja distorsión, fabricada por otro inventor de aspecto salvaje y pelo como lana, Eric Howlett, quien había suministrado la óptica para los sistemas de McGreevy y Fisher en la NASA. La óptica y los LCD de color estaban alojados en una pieza semejante a un equipo de buceo. Sobre esta pieza estaba montado uno de los rastreadores de posición de Polhemus. Entre los años 1988 y 1990, la VPL fue el vendedor de "guantes y gafas" al mundo de la investigación, el primer vendedor de sistemas de RV terminados. Los laboratorios ya no tenían que volver a inventar la rueda virtual y construir sus propios HMD y dispositivos de entrada. No resultaba barato incursionar en los cimientos de la investigación de la RV. En octubre de 1990, el sensor de posición del Polhemus Navigation Systems Isotrak costaba 2.500 dólares si se compraba directamente a la VPL. El DataGlove tiene un costo adicional de 6.300 dólares, el EyePhone, 9.400 dólares, y el paquete de software cuesta 7.200 dólares. Eso asciende a 25.400 dólares sin la costosa computadora que se necesita para trabajar con todo esto. A fines del año 1990 los talleres elegidos para el grafismo de los sistemas de VPL eran los comercializados por Silicon Graphics, Inc., por 95.000 dólares, 75.000 o 250.000 dólares. Para el sistema RB2 que permite que dos personas compartan un mundo virtual, se requieren dos de esas computadoras de 250.000 dólares.

¿Cuánta realidad se consigue por todo ese dinero? Después de mis primeras experiencias con las demostraciones gráficas esquemáticas en la NASA en diciembre de 1988, las siguientes experiencias de RV que tuve fueron en la primavera de 1989 con el primer sistema instalado en el laboratorio Cyberia en Autodesk, Inc., una empresa que está ubicada convenientemente a una distancia que se puede recorrer en bicicleta desde mi casa. El primer mundo virtual de Autodesk era un plano de oficina, simple pero sólido. En lugar de contornos esquemáticos había superficies sólidas sombreadas. Alcanzaba la calidad de un dibujo animado. Menos de seis meses después de mi iniciación en la NASA, el mundo de Autodesk, por rudimentario que fuera, parecía un gran adelanto. El grado de mejora en el nivel de la realidad de los mundos virtuales era tan rápido que parecía una historia abreviada del cine, desde los días de Edison hasta las películas parlantes y hasta el Cinemascope. Mi primer encuentro con los mundos virtuales de VPL, en el verano de 1989, pareció ser otro cuadro más en ese filme de instantáneas. El primer mundo de VPL en el que entré, un día después de "El día de la Realidad Virtual", fue el "Mundo de la atención diurna", que había avanzado hasta tener la calidad de un dibujo animado y tenía la ventaja adicional de que hubiera otra persona en él. Habi-

tar el ciberespacio con otro ser racional es una experiencia notable por derecho propio.

Cuando se enteró de que VPL presentaría públicamente su sistema RB2 ("Realidad construida para dos") en San Francisco el 7 de junio de 1989, el mismo día en que Autodesk planeaba revelar su propia investigación de RV en una convención de CAD (Diseño asistido por computadora) en Anaheim, Jaron Lanier pensó que sería una buena idea hacer que el 7 de junio fuera anualmente el "Día de la Realidad Virtual". VPL y Autodesk estaban discutiendo la posibilidad de establecer una conexión de video en vivo, tal vez incluso una demostración de RV compartida entre Anaheim y San Francisco. Lanier a menudo hace más planes de los que puede llevar a cabo. No hubo conexión entre las dos ciudades. El 7 de junio de 1990 llegó y pasó sin que hubiera algún acontecimiento recordatorio. Pero el primer día de la RV fue un evento notable. Decidí ir primero a Anaheim porque la presentación de Autodesk estaba programada solamente para el 7 de junio. Volví esa noche y aparecí al día siguiente en el Auditorio Cívico de San Francisco, donde las demostraciones de VPL aún proseguían. El espectáculo se llamaba Texpo, una exposición auspiciada por Pacifico Bell. Uno de los talentos de Lanier es hacer tratos con socios inverosímiles; en cierta manera logró convencer a alguien en Pac Bell de que la realidad virtual representaba el sistema de comunicación del futuro.

La televirtualidad no es un esfuerzo mental tan grande para las personas que saben dónde apunta la tecnología de telecomunicación en el futuro; no obstante, encontrar la persona adecuada para trabajar con ella en una compañía conservadora como Pac Bell requería diplomacia. El resultado fue la demostración de RB2. Había dos juegos de EyePhones y DataGloves, cada uno conectado con una de las más costosas máquinas de Silicon Graphics, unidas por un cable de comunicación de alta velocidad. Dos personas presentaban el sistema; las descripciones bidimensionales del mundo virtual que cada operador percibía eran visibles en grandes pantallas de display. Una de las cosas que hicieron y que le cayó bien al público era jugar a perseguirse en el espacio virtual. Un operador descubrió que era posible esconder la representación de su propio cuerpo dentro de la cabeza de su compañero.

Dado que era una pequeña exhibición en una exposición más grande, la instalación de VPL estaba escondida detrás de unos tabiques. Se dejaron entrar grupos seleccionados de personas importantes detrás de los tabiques para ver a los dos exhibidores de VPL sentados en sus altas sillas, con las caras tapadas por sus EyePhones y con las manos cubiertas con los DataGloves, agitándolas en el aire, simulando ser diseñadores o simplemente jugando en su mundo virtual. Cuando llegué allí, Lanier, regocijado, me confió que tanta gente había oído hablar de la exhibición y procurado irrumpir en la procesión ordenada de grupos guiados, que casi hubo un tumulto el día anterior. Me llevó detrás del tabique y yo observé al grupo de visitantes, casi ninguno de los cuales había oído hablar antes de la realidad virtual, y que miraban la exhibición con gran asombro. Después de la convención, fui hasta el centro de operaciones de

la VPL en Redwood City y entré en el mundo que había sido exhibido en Pacific Bell. El nombre oficial del espectáculo era Day Care World, y representaba una escena de una comunicación virtual hipotética del futuro. La idea residía en mostrar cómo dos personas en localidades geográficas diferentes podía encontrarse en un espacio virtual compartido y usar sus sensaciones corporales y su imaginación para cumplir una tarea. En ese escenario, se suponía que las dos personas eran diseñadores y su cometido era elaborar ideas para un centro de atención diurna.

El centro de atención diurna era un pequeño cuarto en un edificio con ventanas y una puerta. La "terminación" del mundo era mucho más fina que las versiones de la NASA o de Autodesk. Los objetos parecían más completos, más "sólidos". Una de las técnicas con las que se crea el grafismo computerizado consiste en descomponer los objetos complejos en una serie de pequeños elementos conocidos como "polígonos", porque es eso lo que son: pixels agrupados para formar objetos muy pequeños con múltiples lados rectos que están organizados a su vez formando mosaicos que describen el entorno y los objetos contenidos en él. "Los polígonos sombreados de Gouraud" consisten en una técnica de rigor, común para representar objetos en la descripción conocida como "2 1/2 D". Cuantos más polígonos puede exhibir una computadora en la pantalla al mismo tiempo, tanto más fino el grano y tanto más vívida resulta la representación. Un número de polígonos por segundo que es capaz de representar la máquina de la realidad en cualquier momento, y el número que puede manipular de un segundo a otro, miden, en cierta manera, el poder del sistema que funciona. Los costosos equipos informáticos de Silicon Graphics podían proveer capacidad de computación primaria para formar un par de miles de polígonos por segundo, logrando así un mundo aparentemente uniforme. Sin embargo, a pesar del precio, estaba todavía muy lejos de la realidad. Alvy Ray Smith, uno de los "gurús" de la tecnología gráfica contemporánea de computadoras, declara que "la realidad consiste en 80 millones de polígonos por segundo".

De modo que el mundo de la atención diurna era más coherente que las realidades virtuales anteriores que yo había experimentado y no tan terriblemente complicado ni tan vanguardista. En una pared estaba pintado el logo de la corporación de Pacific Bell, en la otra los toques políticamente sabios de Jaron Lanier. Descubrí que era posible salir por la puerta y desplazarse a una distancia atravesando un llano y ver el edificio desde lejos. Era posible volar alrededor del cuarto o manipular los objetos que estaban en él. Si la otra persona habitaba el mundo al mismo tiempo, era posible verla o ver su representación abstracta como un sólido de dibujos animados. Solamente la mano de cada habitante se movía sincronizadamente con los movimientos del operador. En una pared del cuarto había un interruptor. Lo alcancé y lo accioné. Un ventilador se puso a girar haciendo que se moviera un móvil suspendido del techo. El móvil, que era un racimo de pequeños triángulos, se podía agarrar, y se escurrió de forma inesperada cuando abrí la mano. Había una mesita con

cubos. Pude levantar los cubos y apilarlos. Había un surtidor de agua y sillas, todo estaba al alcance de la mano y se podía asir. Yo era capaz de contraer o expandir el mundo y ver así qué aspecto tendría desde el punto de vista de un niño o de un adulto (la orden para hacer que el cuarto fuera más grande se daba apuntando hacia abajo con el meñique, y yo podía hacer el cuarto más pequeño apuntando con el mismo dedo hacia arriba).

La vez siguiente que probé un mundo de VPL fue varios meses más tarde, cuando Kevin Kelly, redactor responsable de la *Whole Earth Review*, persuadió a Lanier que construyera un mundo para él de la nada. Lanier se sentó ante una Macintosh y en un par de horas pudo usar una herramienta de construcción de un mundo de VPL para crear un entorno que él llamó Mundo Ritual. Tomé el coche y viajé a VPL para comprobarlo yo mismo. Lanier proclama muchas ideas y habla de muchos planes, y muchos de ellos nunca parecen materializarse. Sin embargo, no hay duda de que tiene talento como constructor de mundos. El Mundo Ritual contenía grupos de objetos verticales que parecían delgados pilares dispuestos en círculo. Cuando yo entré en el mundo, se estiraron lejos por encima de mi cabeza. Dentro del círculo había cosas verdes en forma de cinta que Lanier llamaba "helechos", pero que se parecían tanto a un helecho real como Mickey Mouse se parece a un verdadero roedor. El esfuerzo de imaginación que Lanier pedía que hicieran las personas cuando llamaba helecho a su gráfico está de acuerdo con su teoría de que las personas deben llenar los blancos de la realidad virtual. Vi bajo mis pies una de las imágenes que Kevin Kelly me había descrito: varios planos de polígonos conexos verdes, castaños y marrones, que parecían más bien modelos caleidoscópicos, giraban en círculo en el sentido de las manecillas del reloj y en el sentido contrario.

—Ésta es la alfombra oriental —explicó Lanier cuando vio que yo miraba al suelo—. La llamamos así —agregó— porque se vuelve a orientar a sí misma.

Sobre la alfombra estaban los pilares, encima de cada pilar había una joya y de cada joya brotaba una llama hacia arriba. Era tan audaz y lleno de fantasía como la exhibición de Pacific Bell era austera y práctica. Lanier señaló un rasgo inesperado en el Mundo Ritual que su amiga había descubierto la noche en que fue construido. Los pilares eran huecos y era posible entrar en ellos y, mirando hacia arriba, ver la joya. Parece que aun los creadores de los mundos virtuales más primitivos reciben sorpresas cuando entran en ellos y los exploran.

Me arrodillé y apoyé las manos en el suelo para echar una mirada más de cerca. Uno trata de arrastrarse por el suelo cuando explora los mundos virtuales. Como con el sexo, la exploración de la realidad virtual parece requerir posiciones del cuerpo que parecen divertidas a los demás. Haciendo muy lentamente la plancha, pude meter la cabeza entre dos capas de la alfombra, que rotaban en sentidos opuestos, y vi una de las pequeñas sorpresas que Lanier había incorporado: una joya que pude agarrar y llevármela.

El ritmo de la actividad en VPL parecía acelerarse durante 1989. Con ne-

gocios que atender, convenciones a las que debía asistir, periodistas con quien charlar, fotógrafos para quien posar y abogados con quien tratar, se le hacía difícil a Lanier encontrar tiempo para construir mundos.

Como muchos otros equipos incitados por las presentaciones en el campo de las computadoras, la motivación de VPL para crear una nueva exhibición se debía generalmente a la presión de otra gran convención en que la gente esperaba ver algo nuevo. Recuerdo haber visto a Lanier en SIGGRAPH 1989 en Boston, hablando animadamente con un personaje mayor de la industria de los ordenadores personales: Steve Jobs, de treinta y cinco años. Para el mundo de SIGGRAPH, Lanier creó algunos muebles nuevos para los cuartos virtuales. Esa misma tarde, en otra parte del piso donde se exhibió SIGGRAPH, observé a Eric Gullichsen presentando una raqueta virtual de Autodesk para una interminable fila de entusiastas. Sea *ki*, *baraka* o *carisma*, como quiera llamarlo, Jaron Lanier lo tiene, y muchos estaban convencidos aquel verano en Boston de que la RV también lo tenía. Recuerdo el SIGGRAPH de 1989 como la época en que esa sensación inequívoca de una revolución cultural en el quehacer empezó a erigirse alrededor de la RV, tanto en los círculos de expertos técnicos como en los medios populares, que podían sentir que algo empezaba a suceder aunque no estuvieran seguros del todo de qué se trataba.

En 1987, VPL presentó una versión de cuerpo entero del DataGlove, un DataSuit que se parece (y está basado en él) a un traje de buceo. Ann Lasco-Harvill y otros integraron el equipo para crear el compañero para el guante, que abarcara desde el cuello hasta los tobillos. Una red de sensores suministraba datos en cincuenta diferentes grados de libertad, conectados a rodillas, cuello, tobillos, muñecas. Es costoso —del orden de los 50.000 dólares— y llevó su tiempo desarrollar un modelo fiable (con tantos sensores hay muchas maneras de que el traje se descomponga o se desequilibre). Bailé con una langosta de mar virtual en la presentación del traje de VPL. Y cuando visité Tokio en marzo siguiente, vi una exposición en la cual una modelo vistiendo el DataSuit representaba "una televisión interactiva del futuro". La introducción del cuerpo entero en un mundo virtual era otra idea que tenía raíces más tempranas; el libro de Stewart Brand, *The Media Lab*, tiene una fotografía de Nicholas Negroponte que lleva puesto una primitiva versión de un traje de buceo sensor de posiciones. El uso del cuerpo entero como dispositivo de entrada sigue investigándose activamente desde el laboratorio de Myron Krueger en Connecticut hasta el consorcio japonés en las afueras de Kioto.

En el verano de 1990, VPL pasaba a su fase siguiente en su plan de desarrollar el mercado. La mayor parte de sus ingresos provenían de las ventas de equipos a los centros de investigación y desarrollo y de los royalties percibidos de PowerGlove. Había llegado el tiempo de buscar socios para desarrollar nuevas aplicaciones. Lanier y yo convinimos en encontrarnos en otoño de 1990 para conversar sobre los últimos desarrollos. Como de costumbre, terminamos en un restaurante no lejos de la oficina. Procurar mantener una conversación en cualquier sitio en que la gente supiera que se encontraba La-

nier se había vuelto difícil. En la oficina, había demasiadas llamadas telefónicas para atender.

—¿Qué hay de nuevo? —pregunté, sabiendo que obtendría una charla entusiasmada de dos horas sobre planes, algunos de los cuales estarían parcialmente horneados y otros me sorprenderían finalmente por su solidez.

—Mattel está por lanzar el Super Glove Ball para el PowerGlove, y nosotros trabajamos para presentar un guante de bajo costo como dispositivo de entrada para ordenadores personales, pero en este momento estoy entusiasmado con la cocina virtual que estamos construyendo con Matsushita —me contestó. No es difícil decir cuál es el estado de ánimo de Lanier en cualquier momento. Él expresa mucho de sí mismo en sus comunicaciones no verbales, sus gestos, su expresión facial. Tiene una risa espontánea y su frente tiende a arrugarse cuando está perturbado. Tenía la mirada de un niño en una juguetería cuando describía la cocina virtual.

Según explicó Lanier, la VPL y Matsushita Electric Works habían decidido explotar una empresa mixta. Matsushita tiene una base de datos de modelos CAD de treinta mil diferentes artefactos de cocina que se venden ampliamente en los grandes almacenes japoneses. Con la base de datos de Matsushita y el sistema de VPL, será posible que los clientes vayan a los establecimientos e introduzcan las dimensiones de su cocina en una computadora que les crearía un modelo virtual de la misma. Entonces el cliente pude colocar los diferentes artefactos de catálogo en su cocina de modelo tridimensional y ver cómo se adecuan, qué aspecto tienen y cómo interactúan entre ellos. Los platos en los estantes serán movibles, las puertas del refrigerador se abrirán y los clientes podrán ver cómo se escapa el aire frío por la puerta del refrigerador a la habitación.

—Estamos planeando incluir una simulación termodinámica —agregó Lanier— para mostrar cómo se mueve el aire caliente y frío a través del modelo.

El alcance de las asociaciones estratégicas de la VPL, si bien estaba en las primeras etapas cuando conversamos al respecto con Lanier, parece impresionante. Otro proyecto de VPL que está en curso es un simulador de diseño de interiores para un importante fabricante estadounidense de automóviles. Otro cliente de primera línea, una de las empresas mayores del mundo de entretenimientos, ha firmado contrato con la VPL para proyectar salones de entretenimiento virtual con acceso al público. (El negocio de los videojuegos se intensificó en el verano de 1990 cuando se inauguró en Chicago el Battletech Center. Por 7 dólares, cada participante queda encerrado en una pequeña plataforma móvil, simulación sonora y visual de un crucero espacial, y los grupos libran batallas virtuales entre ellos.)

La simulación quirúrgica es un proyecto más serio que la VPL también está desarrollando. El proyecto original de la NASA/Ames había incorporado la colaboración con el doctor Joseph Rosen del Stanford Medical Center, para desarrollar el "cadáver virtual". Aunque los cadáveres humanos y los pacientes vivos son necesarios para entrenar a los cirujanos, hay una gran ventaja en

tener la capacidad de simular, en tres dimensiones, problemas anatómicos específicos que podrían requerir cirugía, sobre todo si las simulaciones pudieran basarse en imágenes médicas tridimensionales de pacientes reales. Para el diagnóstico, los sistemas de imágenes, como los que se desarrollan en Stanford y en la UNC, estarán probablemente listos en los próximos diez años. Algo tan delicado y táctil como la cirugía tal vez requiera una tecnología más avanzada para hacer de la simulación algo más realista que unos esquemas tridimensionales. Por último, los proyectos de cirugía de RV podrían entrenar a doctores y capacitar a los especialistas para que "ensayen" operaciones difíciles.

Otro proyecto de VPL presupone trabajar con diseñadores de una importante empresa aeronáutica. "Diseñadores aeronáuticos no militares —se apresura a agregar Lanier— porque no recibimos dinero del Departamento de Defensa y no trabajamos en sistemas militares." Uno de los túneles de viento más modernos de esa empresa fue diseñado con asistencia del sistema VPL.

VPL también está revoloteando en el campo potencialmente lucrativo de la visualización de los sistemas financieros. Después de todo, el mercado de valores ya no es un grupo de gente que grita en una sala de la bolsa. La mayor parte de las transacciones financieras en el mundo consiste ahora en un flujo de datos que pasan por los sistemas comerciales computerizados del mundo entero. Si hay una manera de distinguir modelos en esos flujos financieros masivos haciéndolos visibles y manipulables en tres dimensiones, los réditos podrían ser enormes. La VPL estaba trabajando con una compañía de seguros que deseaba representar las bases de datos como bosques y los elementos individuales como árboles, a modo de un experimento de total inmersión en una base de datos financiera. ¿Podría uno "sentir mejor los números" volando o paseando entre ellos? Las predicciones o arbitrajes podrían ejecutarse observando qué árbol sobresale del bosque, por ejemplo, y tomarlo con el DataGlove.

En el mundo del entretenimiento, la VPL se estaba embarcando en una colaboración con el director Alex Singer, que había dirigido el filme *A Cold Wind in August* y las series televisivas *Hill Street Blues* y *Cagney y Lacey*. Yo había sospechado largo tiempo que Hollywood se estaba relacionando con la realidad virtual, cuando encontré a Singer en la Texpo. El negocio del cine que Singer está procurando montar, llamado tentativamente *A Man and a Woman and a Woman*, se refiere a dos personajes que se enamoran en una exhibición de RV. Considerando los antecedentes de Singer, está en el dominio de las posibilidades el que una película popular haga conocer la RV del mismo modo que *War Games* llevó el fenómeno de los adolescentes entusiastas de las computadoras al conocimiento público. El sistema RB2 se vio en la televisión norteamericana en 1990 en forma de un video musical creado por Lanier y el guitarrista Stanley Jordan, usando la RV como herramienta de improvisación en tiempo real. Jordan está representado tocando una guitarra virtual del tamaño de un rascacielos. Otro video, donde actuaba Grateful Dead, representaba una animación de una mano esquelética conducida por un DataGlove. (El poeta de

Grateful Dead, John Barlow, es un amigo de Lanier. Los he visto a ambos en conciertos recientes de Grateful Dead, donde Lanier saludaba a la multitud abigarrada alrededor de él y me mencionaba que "un concierto de Grateful Dead es uno de los pocos sitios en que no me destaco de la multitud".)

Los videos musicales y las animaciones apuntan a otra aplicación viable de los dispositivos de entrada corporales. Puesto que los DataGloves y los DataSuits proporcionan información en tiempo real sobre los movimientos del cuerpo, pueden usarse como dispositivos de control para la animación en televisión. Los movimientos que se desean asignar a los personajes animados puede imitarlos una persona provista de un DataGlove o un DataSuit, y las salidas pueden conducir la animación. En Tokio, vi a los técnicos de Fuji-TV, un estudio importante de producción que usaba los DataSuits exactamente para este fin. El técnico viste el traje, cruza corriendo el piso, levanta una pelota y la arroja al blanco. Luego la representación del cuerpo que corre puede transformarse en un dragón, un gato, o cualquier forma que desea el animador.

Reality Net llama Lanier a uno de sus proyectos más grandes. Sólo ha pasado un año desde la exposición de RB2 en Texpo, y Lanier ya empezó a organizar una red de telecomunicación virtual de prueba a nivel nacional. El primer eslabón debía convenirse en algún momento de 1991 entre el grupo de RV de la Universidad de North Carolina y la VPL. El Laboratorio de Tecnología de la Interfaz Humana de Seattle y el Media Laboratory se habían puesto de acuerdo en participar en el experimento. Los investigadores de RV a los que conocí en Kioto, también estaban ansiosos de unirse a la nueva red experimental cuando por fin se pusiera en marcha. La idea es crear un canal de telecomunicación de RV para compartir información y llevar a cabo exploraciones conjuntas sobre la índole de la RV como medio de telecomunicación. Si los mundos pudieran compartirse conectando un casco a una red telefónica, el ciberespacio de Gibson podría materializarse más pronto de lo pensado. Al principio, semejante red podría organizarse enviando paquetes de datos de computadora a través de la red telefónica existente, del mismo modo que las computadoras intercambian información por medio de los modems. Finalmente, los sistemas intensivos de computación de RV podrían conectarse con las redes de fibras ópticas de banda ancha en el futuro.

Considerando cómo empezó el ARPAnet como un experimento y se expandió dando vida a una red interconectada enorme de computadoras públicas y privadas conocida como Matrix o Worldnet, la Reality Net podría expandirse fácilmente más allá de su etapa teórica, tan pronto como algún programador venga con el código necesario para enlazar las máquinas de la realidad con las redes de telecomunicación. Durante el año 1990, el trabajo fundamental consistió en elaborar una serie de protocolos para enviar información por las líneas públicas de comunicación, relativamente lentas. La idea de cambiar la configuración de un mundo virtual sobre una base transcontinental se vuelve mucho más factible cuando hay un medio para guardar los datos de computadora que constituyen los modelos del mundo por separado en cada sitio, de

modo que la única información que deba transmitirse de un sitio a otro es la que se refiere a los cambios que se verifican en el modelo del mundo desde el punto de vista de los operadores. Es decir, resulta más rápido enviar por teléfono la orden "mover el pie", y dejar que el ordenador personal ejecute el software que mueva el pie que se ve, que mandar todas las instrucciones para hacer reaparecer el pie en la nueva posición.

La VPL incorporó la tecnología de sonidos tridimensional, desarrollada originalmente para la NASA/Ames por la Crystal River Engineering, Inc., de Scott Foster. Con suficiente dinero adicional es posible comprar ahora la AudioSphere de VPL para que acompañe al otro equipo o como un sistema sonoro tridimensional independiente. Al mismo tiempo que la VPL anunciara la AudioSphere, también anunció la VideoSphere, una tecnología que permite a los operadores del sistema RB2 ver un ambiente de video panorámico generado por una cámara, detrás de los objetos generados por computadora en un mundo virtual. Un ejemplo citado por la VPL sería el fondo de video de un sitio real previsto para edificación, en el cual se podría colocar un modelo virtual de un edificio propuesto. Una configuración de cámara especial llamada un "Revolvatron" reúne las imágenes. Integrar la salida de los sistemas nuevos de imágenes electrónicas (cámaras CCD), video, video digital y otros dispositivos para reunir y almacenar imágenes del "mundo real" en el mundo virtual, generado por computadora, es otra meta que podría derivar en una industria propia.

Lanier y la VPL no muestran señales de aflojar. La semana pasada él y Alex Singer fueron otra vez a Tokio. Siga o no la VPL dominando la industria de la RV, no cabe duda de que si semejante industria se desarrolla, se inició como una peculiar empresita que nació en una cabaña, reside actualmente en un parque industrial y proyecta cambiar la índole de la realidad tal como la conocemos.

La VPL puede haber sido la primera, pero ya no es la única compañía que ha invertido en la industria de la RV. Jaron Lanier puede ser uno de los visionarios más notables en el campo de la RV, pero no es el único. Por cierto, aunque la VPL parece tener sus dedos puestos en las atractivas aplicaciones posibles de la tecnología de la RV, ésta quizá llegue a ser conducida en un futuro próximo por el ingreso de una firma que no es conocida fuera de la industria del software, fundada hace menos de diez años por un grupo de programadores, y que ahora suma más de 100 millones de dólares anualmente: Autodesk. John Walker, uno de los fundadores de Autodesk, es una persona muy reservada y mucho menos pintoresca que Jaron Lanier. A la larga, él y la compañía que fundó pueden ser tan importantes para la industria de la RV como la empresa que vende las gafas y los guantes.

8

El ciberespacio y los negocios serios

"El ciberespacio es una tecnología de propósitos generales de interacción con las computadoras; nada en él es específico del diseño gráfico tridimensional, como tampoco las interfaces de quinta generación, con pantallas de trama, son sólo útiles para dibujos bidimensionales. Sin embargo, las nuevas tecnologías tienden a aplicarse en sus inicios de la manera más obvia y literal. Cuando los displays gráficos se desarrollaron por primera vez, se los usó para aplicaciones netamente gráficas tales como el dibujo o el procesamiento de la imagen. Sólo posteriormente, a medida que la tecnología de la representación gráfica se abarataba y los displays gráficos pudieron obtenerse fácilmente, el público llegó a ver que el uso adecuado de los gráficos bidimensionales podía ayudar a clarificar incluso tareas exclusivamente orientadas a textos o números.

"Así ocurrirá con el ciberespacio. El ciberespacio representa la primera interfaz tridimensional de computadora digna de ese nombre. Los usuarios que luchan para comprender los diseños tridimensionales con vistas múltiples, imágenes sombreadas o animación, no tendrán dificultad en comprender, ni vacilación en adoptar, una tecnología que les permita recoger una parte y hacerla girar para comprender su forma, volar como Supermán a través de un dibujo complejo o formar piezas usando herramientas y ver enseguida los resultados."

JOHN WALKER
Through the Looking Glass,[1] 1988

La VPL hizo posible la investigación de la RV para muchas personas en la comunidad informática, pero muchos otros, fuera de los círculos esotéricos dedicados a la investigación de la interfaz humana, empezaron a tomarla en

1. Es el título de la segunda parte del libro de Lewis Carrol *Alicia en el País de las Maravillas*, "A través del espejo". *(N. del T.)*

cuenta cuando Autodesk ingresó en el negocio del ciberespacio. Yo llegué temprano y me instalé en primera fila cuando Autodesk exhibió la primera presentación interna de su proyecto Ciberia en la primavera de 1989. La sala estaba más que nunca repleta esa tarde con el personal de Autodesk, sus invitados y más de uno de nosotros, observadores de tecnología independientes que habían husmeado el suceso y conseguido una invitación. Allí estaba Stewart Brand, el editor de *Whole Earth Catalog*, y también estaba Hugh Daniels, el primer director técnico de la comunidad virtual de Whole Earth, WELL. Entre los rostros que reconocí había otro WELLita, el futurista Peter Schwartz, ex proyectista estratégico de la SRI International, Royal Dutch/Shell, y el London International Stock Exchange, presidente ahora de su propia firma consultora, Global Business Network. Theodor Nelson, tecnoprofeta, panfletario, miembro de Autodesk, y maduro ejecutor de la revolución del ordenador personal, se mantenía a un lado de la gente y sonreía con esa tonta y contagiosa sonrisa que utiliza frente a las multitudes. Esther Dyson, tábano de la industria informática, hizo una poco frecuente aparición en California del Norte. John Barlow, compositor de canciones para los Grateful Dead, republicano de Wyoming y que se autodenominaba "maniático tecnólogo", también había sido atraído a WELL. Alcancé a ver a gente de Apple, reconocí exploradoras para la tribu de Lucasfilm. El único rasgo común, según observé, era un instinto por los extremos, lo marginal en tecnología, donde pueden estallar las revoluciones.

La mayoría de los presentes ya habían echado una mirada en el ciberespacio durante la semana anterior. Considerando el refinamiento técnico de aquel auditorio, no había necesidad de explicar que lo que ellos habían visto apenas era una etapa grosera y preliminar, que la base del hardware era algo barato e inadecuado por ahora. Los asistentes en la gran sala de seminarios de Autodesk no se debían forzar para extrapolar futuras posibilidades a partir de la presentación que apreciaron. Se hizo mención de futuras aplicaciones en visualización, juegos, salud, deportes, educación, entrenamiento, teatro, danzas, fisioterapia y telerrobótica. La presentación la hacía el personal de Ciberia, aturdido por la demostración, que había estado trabajando noche y día durante semanas, primero para completar el prototipo de la exhibición y luego para demostrárselo a todos los que querían zambullirse en él por sí mismos. Era casi como un ritual de bautismo. Meter la cabeza en el proyecto de una oficina. Recuerdo un discurso profundamente emotivo que dirigió William Bricken (en el cual, según mis apuntes, él declaró: "Una abrumadora metáfora para mí es que explorar las realidades virtuales es un modo de aprender cómo ser niño otra vez"). Luego Eric Gullichsen presentó un filme corto donde trabajaba Timothy Leary.

Después que el panel concluyó y recibió con los ojos húmedos la ovación del público de pie, Esther Dyson fue la primera en hacer un comentario.

—No pretendo ser negativa pero esto podría ser muy bueno para algunas cosas y no tan bueno para otras —dijo ella—. Usted no puede llevarse mi te-

clado, por ejemplo." Ella trató de concretar con un ejemplo rápido y concreto el desencanto que uno siente a menudo cuando está en un grupo de gente que comparte una especie de lealtad religiosa o experiencia de conversión que sencillamente no es la de uno.

A lo cual el programador de ciberespacio, Randal Walser, de la Autodesk, replicó, en ese estilo Aikido suave que le es propio, que Dyson podía recuperar su teclado en el ciberespacio tan pronto como se desarrollara algo más potente que un sistema de juguete. "Usted podría tener una estación de trabajo simulada y eso significaría que podría tener una virtual computadora virtual", agregó con una sonrisita.

Theodor Nelson agregó su observación característica, tangencial y provocativa, diciendo que el ciberespacio podría permitir a la gente descubrir, como lo había dicho durante años, que "la programación de una computadora es realmente una rama de la cinematografía".

El contexto del enunciado de Nelson estaba sobresaturado, puesto que todos habíamos gustado algo del ciberespacio, y puesto que la mayoría de nosotros había leído las profecías terriblemente precisas de Nelson durante una década por lo menos y nuestras ruedas mentales estaban girando enloquecidas en ese momento, tratando de encontrar un punto de apoyo para lo que parecía aflorar. Yo lo entendí, y para los demás el breve enunciado de Nelson era una imagen conceptual tan poderosa y compacta que equivalía a un conjuro. Cuando volví a mi oficina por la tarde, revisé un archivo que había estado guardando en alguna parte del garaje, un archivo, por si acaso, algún día lo necesitara, en noviembre de 1980, aquí está lo que Theodor Nelson había dicho sobre el profundo significado de la virtualidad. Téngase en cuenta que él escribió esto antes de que hubiera muchos ordenadores personales, cuando los displays de cabeza eran una curiosidad de laboratorio como lo que se refería al resto del mundo de las computadoras:

> *"El propósito central del sistema interactivo es lo que yo llamo una* virtualidad *del sistema. Éste es un término muy general que abarca todos los campos en los que la mente, los efectos y las ilusiones son lo que importa.*
>
> *"Entiendo por virtualidad de una cosa aquello que parece ser, como distinto de su 'realidad' más concreta, que puede no ser importante. El otro término más próximo que encontré es 'entorno mental'. Mis estudiantes me han presionado para que retenga el término 'virtualidad' aun cuando cause confusión entre los usuarios de los así llamados 'sistemas virtuales', que significan sistemas reales configurados por una memoria virtual enorme.*
>
> *"Un sistema interactivo es una serie de presentaciones destinadas a afectar la mente de una cierta manera igual que una película. Esto no es una analogía casual; éste es el tema central.*
>
> *"Yo uso el término 'virtual' en su sentido tradicional, como contrario de 'real'. La* realidad *de una película abarca la forma en que se pintó el decorado y donde estuvieron colocados los actores entre las tomas, pero ¿a quién*

le importa eso? La virtualidad *de una película es* lo que parece estar en ella. *La* realidad *de un sistema interactivo incluye su estructura de datos y en qué lenguaje fue programado, pero, una vez más, ¿a quién le importa? Lo importante es* qué parece ser.

"Una 'virtualidad', entonces, es una estructura de la apariencia, la percepción conceptual de lo que está creado. ¿En qué entorno conceptual se encuentra usted? Es ese entorno, con sus cualidades para reaccionar y sentir, lo que importa, no la 'realidad' irrelevante de los detalles de implementación. Y crear esa apariencia como un todo integrado es la verdadera tarea de diseñar e instrumentar la virtualidad. Esto es tan cierto para una película como lo es para un procesador de palabras."

En un nivel subconsciente yo apostaría a que un cuarto de las personas que estaban en el auditorio de Autodesk esa tarde habían leído el artículo casi una década atrás, y descubierto enseguida el significado de la fascinante charla de Nelson.

Después de que Ted Nelson nos hubiera entusiasmado, otro individuo se puso de pie e hizo un comentario. Pasamos de la magia a lo terrenal: el joven que se dirigió al panel tenía un corte de pelo que todavía se puede conseguir en una peluquería por 5 dólares; llevaba una camisa blanca no muy costosa con un portalápices en el bolsillo delantero. A medida que hablaba fui comprendiendo que el orador era John Walker, el presidente de Autodesk, normalmente retraído, un hombre que ocupa el extremo opuesto del carisma de Jaron Lanier. Es un programador de proporciones legendarias que fundó hace unos años una empresa que produce cientos de millones de dólares por año ahora y que hace poco se tomó unas vacaciones indefinidas en la presidencia de su empresa a fin de volver a programar. A los ojos de Wall Street, VPL no es siquiera la cresta de una ola en el horizonte; Autodesk es un competidor para el gran éxito. Y John Walker es el centro de inspiración de Autodesk. Su imagen de antihéroe lo muestra como es. Le gusta programar, no le gusta ser servil. No obstante, hablará fuerte y confiará en su poder de persuasión.

Walker no habla con nadie que se parezca remotamente a "la prensa", pero yo logré conocerlo en la Hackers Conference unos meses más tarde, una reunión a la que se accede sólo por invitación de los promotores conceptuales del negocio de la amplificación de la mente. La palabra "hacker" ha llegado a significar en los medios masivos "pillos antisociales que se metían en las computadoras ajenas". Originariamente, el término era una referencia más honorable a la virtuosidad de algunos programadores para encontrar formas ingeniosas de superar obstáculos. Por cierto, sin los hackers que inventaron el término no tendríamos ordenadores personales ni redes de computadoras públicas hoy en día. La Hackers Conference es una reunión de fin de semana que se realiza cada otoño en alguna localidad campestre cerca de Silicon Valley. La *Whole Earth Review* y unos pocos hackers provistos de dinero hospedaban a todos los héroes de la revolución de los ordenadores personales: los programadores

gráficos de la NASA, los jóvenes arquitectos de la Macintosh original, los comunicadores teleutópicos de computadoras y los diseñadores de juegos, los veteranos del Club de Computadoras Hechas en Casa de los años 70, donde nacieron y florecieron empresas varias veces multimillonarias, engendradas por la fantasía de los niños prodigio aficionados.

RV era el santo y seña del día en la Hacker Conference de 1989. Me habían encargado la tarea de servir como anfitrión de una áspera sesión plenaria de la tarde sobre temas de RV. Fue conveniente darme el rol de moderador, un rol que hube de llenar en varias reuniones de ese tipo porque era políticamente expeditivo tratar con tacto los diversos egos y los intereses de negocios en competencia entre la multitud de la RV. Un centenar de variados participantes, sobre todo hombres aunque no todos, se reunió en el auditorio de la colonia de verano alquilada. El acto resultó menos concurrido de lo que yo hubiera anticipado, aunque el potencial para un consenso importante había sido grande: el ritmo de las revoluciones tecnológicas en Silicon Valley es tan rápido que muchos de los veteranos que han vivido en la infancia, ahora histórica de los ordenadores personales, ocupan posiciones que pueden influir en la política durante la próxima revolución; no eran pocos los ingenieros jóvenes, programadores y empresarios que habían creado el avance de las computadoras en el pasado reciente y que estaban allí esa noche. Me pregunté si ésta podía ser la última vez que los dirigentes de las nacientes industrias de RV podían hablar con tanta libertad los unos con los otros sin que estuvieran presentes sus asesores legales, sobre todo si los talleres de investigación y desarrollo con gente deshonesta se convertían en centros de ganancias de mañana. La gente de Autodesk estaba allí. La gente de VPL, NASA y otros centros de investigación y negocios de RV estaban allí. Si temas tales como privacidad, propiedad y libertad de palabra en el ciberespacio debían ser discutidos por un grupo de gente con la habilidad necesaria, la experiencia y el poder para hacer algo al respecto, la Conferencia de los Hackers de 1989 era una ocasión ideal.

Pero el sábado por la noche, después de cenar, había más gente que estaba con ánimo de hablar sobre cibersexo que sobre las implicaciones legales o epistemológicas de la realidad virtual. Admito que mencioné la posibilidad de una excitación sensual en el ciberespacio, cuando enumeré los temas de los que podíamos hablar. No era el último auditorio que pareciera apuntar a esa posibilidad, dondequiera se lo escondiera en la lista de aplicaciones potenciales del sistema de RV. La tradición quería que en esa conferencia el moderador diera una breve introducción y luego se pasara el micrófono a un centenar de personas notorias para que pudieran expresar su opinión. No se trataba de un público que un moderador en su sano juicio trataría de manejar. Esa noche fue la ocasión cuando Lee Felsenstein, el ex caudillo anarquista del club mencionado anteriormente, hizo resurgir la gran palabra de Ted Nelson, *teledildónica*.

La discusión se volvió seria, sin embargo, cuando Walker se puso de pie y nos recordó que el potencial del diseño tridimensional era evidente para nosotros. "El CAD no es sólo para dibujar cosas con las computadoras —obser-

vó él—. Es para diseñar cualquier objeto manufacturado que usamos." Hablaba acerca del punto de apoyo desde el cual una tecnología que ellos comprendían muy bien tenía el potencial para mover el mundo.

Walker hablaba del tipo de cambio que su propia empresa había elaborado. Un cambio que es menos visible que muchos aspectos de la alta tecnología, pero que afecta a todo y a todos de muchas maneras. La revolución de CAD era en verdad tan ubicua como invisible para muchas personas. Las palancas de cambio no siempre son visibles —la mayoría de las personas no ve a los diseñadores y arquitectos que trabajan con computadoras en lugar de trazar sobre papel dibujos de jaboneras y rascacielos—, pero todos ven y viven entre los efectos de las herramientas de CAD. La voz de John Walker, que se introdujo en la conversación sobre la RV, dio un giro serio que fue al mismo tiempo visionario y pragmático. Frederick Brooks desea crear amplificadores del intelecto para científicos, doctores y arquitectos. Jaron Lanier ve todo un universo nuevo de comunicación humana. John Walker apunta a un mercado virgen, al hacer posible que más gente trabaje con mayor eficacia sumergiéndose en los modelos de los problemas que tiene que resolver.

La entrada de Autodesk en el campo de investigación y desarrollo del ciberespacio lo marcó como una industria seria aunque naciente. John Walker impone respeto entre los programadores, no sólo por su peso financiero, sino porque Autodesk se conoce como una empresa de programadores. Nació porque Walker y otros apostaron a que los arquitectos y diseñadores que habían estado usando ordenadores personales para otras aplicaciones pagarían varios cientos de dólares por una versión algo menos poderosa de un software de CAD de varios miles de dólares que grandes estudios de arquitectura y firmas constructoras usaban en las computadoras grandes. El AutoCAD se convirtió en un *best seller* de software para ordenadores personales. A medida que maduraban las técnicas gráficas de computadora y crecía la potencia del hardware, el juego de herramientas (*tool kit*) de Autodesk empezó a agrandarse, evolucionando desde una versión de pantalla plana de un dibujo mecánico hasta representaciones en 2 1/2 D de espacios y objetos. En el año 1990, Autodesk declaraba ventas fiscales de 1989 por 117 millones de dólares y una evaluación de Wall Street de la firma alcanzaba los 926 millones de dólares. El rápido éxito de Autodesk es una prueba directa de que los diseñadores pagarán por las herramientas de diseño amplificadoras de la inteligencia, incluso las relativamente rudimentarias, si eso les proporciona a su propia pericia la ayuda necesaria. Walker cree que la misma gente que estimó a su empresa en un valor de mil millones de dólares —los usuarios de AutoCAD para quienes la visión de objetos tridimensionales es un asunto serio— está dispuesta a lanzar sus puntos de vista a través de la pantalla de una computadora a los mundos virtuales que trata de diseñar.

Por más terrenal que parezca el software de CAD, es de por sí una versión poderosa de las herramientas de "aumentación" intelectual que Douglas Engelbart y Frederick Brooks habían vislumbrado durante décadas. El hecho

de que Autodesk participe en la actividad de "aumentación" intelectual, es evidente por los proyectos que estudia al mismo tiempo en hipertexto, comunidades conectadas, multimedios y realidad virtual: Autodesk tomó un gran interés en el legendario e inconcluso proyecto de hipertexto *Xanadu* de Ted Nelson y sus colegas; el hipertexto es una forma de enlazar todo el conocimiento del mundo en una especie de red automatizada en la cual la creación, publicación y el pago de regalías por la propiedad intelectual podían tener lugar en un sistema accesible a todos y en todas partes. Autodesk también incorporó a Randy Farmer, uno de los diseñadores de las primeras comunidades descritas gráficamente (*Habitat,* originalmente un proyecto de la Lucasfilm's Games Division, que pertenece ahora a Fujitsu), para su subsidiaria Amix, para ayudar a diseñar un mercado de intercambio de información en el futuro. En tiempos más recientes, Autodesk abrió una división de multimedios para explorar el uso de tecnologías tales como discos compactos (CD-ROM), videodiscos y video interactivo digital (DVI). Los seminarios de los jueves de Autodesk en sus oficinas de Sausalito se convirtieron en actos populares. Estaba de moda tener un amigo que trabajara en Autodesk.

En el mundo de los mejores magos del software, había lobos solitarios y había aquellos que iban a trabajar a una empresa porque los mejores programadores estaban allí. Por esa razón, cuando se rumoreaba que muchos genios conocidos aparecían en una u otra empresa, era una prueba de que algo interesante ocurría, algo que extendía las fronteras de la propia tecnología y no sólo la plaza del mercado. Hubo un período a principios de los años 70 en que todas las estrellas del software parecían gravitar hacia el PARC. A principios de los años 80, los que querían seguir en la punta de las tecnologías nuevas y salvar el mundo mediante brillantes y nuevos software terminaban en Apple. Hacia finales de los años 80, Autodesk pareció ganar la reputación de ser un refugio para los mejores y más brillantes magos del software. Se daba la bienvenida al pensamiento no convencional, según parecía decir Autodesk en su modelo de convenio, siempre que las habilidades de programación de un candidato fueran soberbias.

Dirigir un gran grupo de programadores es una tarea muy diferente de crear uno mismo un gran software. Comunicar su visión propia al resto de la compañía era el sello distintivo de Walker; se lo conoce por sus memos llenos de inspiración tanto como por sus diseños de software (se publicó una colección de los mismos en "The Autodesk File"). En septiembre de 1988, Walker lanzó la empresa en el negocio del ciberespacio —o por lo menos le dio un empujón simbólico en el primer metro significativo hacia la meta— haciendo circular un escrito por Autodesk. Tenía el siguiente título: "A través del espejo: más allá de las interfaces del usuario". No era un documento secreto, aunque saturó Autodesk durante algunas horas antes de que las copias hallaran su camino hacia los escritorios electrónicos del mundo, incluido el mío. La lectura de ese manifiesto, poco después de mi primera ojeada al ciberespacio, fue uno de los actos que me impulsó a viajar y a probar la RV durante un par de

años en pos del crecimiento de la investigación y el desarrollo de la RV en todo el mundo. John Walker había percibido el significado de un momento histórico y apremió a su empresa a que aprovechara el vasto mercado nuevo que tenían, al menos por el momento, para ellos solos. CAD fue el pie en la puerta, pero el territorio que Walker previó más allá de la barrera de la pantalla bidimensional era enorme.

Walker vio que lo que ellos vendían era algo más que una nueva técnica para hacer copias. Los productos de Autodesk para la visualización y la manipulación tridimensional de los objetos y estructuras podían verse como la punta de lanza de algo tan importante al menos como la industria de los ordenadores personales que sólo había alcanzado hasta ahora una pequeña porción de su mercado potencial. Walker expuso la tesis de que "la fascinación de hoy por 'interfaces de usuario' es un artilugio del modo en que operamos normalmente las computadoras —con pantallas, teclados e indicadores—, del mismo modo que los lenguajes de control surgían de los sistemas *batch* de tarjetas perforadas. Los próximos desarrollos tecnológicos prometen reemplazar las interfaces actuales de usuario con algo muy diferente". Ese "algo muy diferente" es el display de inmersión total que Walker prefiere llamar "sistema ciberespacial".

En el memorándum que creció hasta convertirse en un artículo y más tarde se publicó en forma de libro, Walker presentó una especie de cuadro revolucionario de interfaces hombre-máquina y mostró de qué manera la tendencia a largo plazo conduce directamente a esa ventana interdimensional que Ivan Sutherland había propuesto en 1965. Walker sabía adónde iba el silicio y sabía adónde iba el software tridimensional. Interpretó 1989 como el año en que sería factible crear sistemas primitivos de RV por menos de medio millón de dólares. Él fue otro más entre nosotros que probó la versión Kitty Hawk de RV en 1988, pero concibió una imagen mental de un 747 en el noventa y tantos. Otro adepto había sido atraído a la experiencia de la conversión en la RV.

Walker señaló una sutil distinción que podía significar una gran diferencia con el tiempo. La mayor parte de los comentarios convencionales se refieren a "generaciones" de computadoras según que usen válvulas, transistores, simples circuitos integrados o circuitos integrados a gran escala como elementos de conmutación fundamentales. En su artículo, Walker propuso una taxonomía histórica en el modo de *interacción* entre humanos y computadoras, en lugar de considerar los componentes de la computadora, definiéndose cada "generación" de interacción por una operación característica, en lugar de serlo por el hardware o el software. Las computadoras digitales electrónicas de la primera generación, a fines de los años 40, eran operadas por tableros eléctricos; los cálculos podían ser reprogramados cambiando la posición de las clavijas como en un cuadro gigantesco de conmutación. La segunda generación llegó en los años 50 cuando el procesamiento batch permitió que las tarjetas perforadas sustituyeran el tablero eléctrico. Los años 60 trajeron la tercera generación de tiempo compartido que puso a los programadores en interacción di-

recta con la computadora mediante el teclado y la pantalla. En la taxonomía de Walker, el uso de los menús por medio de los cuales los usuarios podían seleccionar los comandos, en lugar de recordar misteriosas series de órdenes, dio lugar a la cuarta generación. La interfaz de manipulación directa, el paradigma de punto y "click" de ARC-PARC-Mac constituye la quinta generación en el esquema de Walker.

Una vez establecida la secuencia histórica, Walker señaló que si se examina la transformación de una época a la otra, el proceso consiste en quitar barreras entre el usuario y la computadora. El panel frontal de la computadora fue la barrera que se quitó en la transición desde el tablero de fichas a las tarjetas perforadas; ya no había que sacarlo para hacer pasar un programa nuevo. El mostrador sobre el cual el programador alcanzaba sus bandejas con tarjetas perforadas a los operadores del sistema éra la barrera que el tiempo compartido eliminó. La terminal, con sus rígidos requisitos de series de órdenes, fue la barrera que suprimió el advenimiento de los menús. La jerarquía del menú de órdenes que oculta al usuario parte del proceso de comando fue la barrera que se quitó cuando las operaciones de punto y click convirtieron la pantalla en la barrera final. Si la pantalla es la barrera común que debe ser suprimida a fin de ascender al nivel siguiente en la evolución de la interfaz, Walker ve cómo la antigua búsqueda de un mundo artificial converge a una velocidad de choque con la evolución de la interfaz hombre-máquina. Una interfaz hombre-computadora y una máquina de la realidad son dos modos de mirar a través del mismo espejo.

Visto a través de la taxonomía de Walker, algo que había permanecido en el segundo plano parece resaltar: *introducirse en algo y mirar a su alrededor* es una metáfora para la interacción —con barreras diferentes para ser quitadas— distinta del acto de ordenar algo y recibir la respuesta. Nosotros interactuamos con las computadoras en el período anterior a la RV, no paseamos en su interior. Las interfaces actuales de "quinta generación" permiten a los usuarios manipular los gráficos bidimensionales de una manera "conversacional", intercambiando órdenes y respuestas con la computadora a modo de diálogo. Aquí, Walker encontró el quid del problema: debemos quitar la barrera ante el pensamiento, pero no la podemos ver porque está ahí delante de nosotros. En su memorándum original, Walker declaró:

> *"Creo que la conversación es un modelo equivocado para tratar con una computadora, un modelo que confunde a los usuarios sin experiencia y hasta invita a los diseñadores de software experimentados a construir sistemas difíciles de usar. Dado que las computadoras tienen un grado de autonomía y pueden realizar rápidamente algunas tareas intelectuales que parecen difíciles, desde el principio les hemos atribuido una inteligencia humana ('cerebros electrónicos'), y esto nos llevó a imputarles características que ellas no poseen, y luego a gastar grandes cantidades de energía tratando de programarlas para que se comporten como nosotros imaginamos que debieran hacerlo.*

"Cuando usted interactúa con una computadora, no está conversando con otra persona. Usted está explorando otro mundo."

Explorar, no *conversar*, es el mejor verbo para describir un modo ideal de interacción entre el ser humano y la computadora. Es un simple cambio de perspectiva el que hace una enorme diferencia en la manera en que cada uno ve las cosas. Esa perspicacia es el motivo por el cual John Walker sabe exactamente adónde va la revolución de las computadoras y dónde debe asignar recursos la compañía que él fundó. Declaró en su memorándum "Through the Looking Glass", que se lee más como un manifiesto: "Tengo la convicción de que el ciberespacio es la única tecnología que es un competidor serio para definir la próxima generación de interacción del usuario". Todo el documento es algo fascinante. Ahí hay un visionario cuya respuesta a la pregunta: "¿Es prudente fundar una empresa sobre una idea tomada de la ciencia ficción" es: "¿Por qué no? Eso es lo que yo hice".

Walker reconoció que la idea de entrar en el mundo de la computadora tiene sus orígenes en la ciencia ficción y citó a William Gibson recientemente y a Frederick Pohl en el pasado, observando como al descuido la importancia que tuvieron para él los libros de Pohl de la serie "Heechee", "el segundo de los cuales, *Beyond the Blue Event Horizon*, inspiró el Autodesk y cuya idea desempeñó una parte significativa en la formación de esa empresa". Walker adujo que "'realidad artificial' y 'realidad virtual' son oximorones" y propuso como término mejor *ciberespacio*, que proviene de la palabra griega *ciber*, que significa "timonel" (Varios meses más tarde, cuando un consejero legal superceloso convenció al personal de Autodesk que tratara de patentar la palabra "ciberespacio" y se mencionó el rumor al programador Eric Gullichsen, Autodesk recibió una carta del procurador de William Gibson y el rumor retornó por medio del mutuo amigo de ellos, Timothy Leary, de que Gibson había intentado introducir como marca registrada el nombre de "Eric Gullichsen".)

Si la tecnología ciberespacial es la dirección que emprenderá la próxima revolución de las computadoras, y los usuarios de CAD son la vanguardia del mercado del ciberespacio, y si Autodesk y su base para usuarios están en una perfecta situación para explotar las oportunidades del mercado, entonces ¿qué sugirió Walker que se hiciera? Primero, debía bajarse el costo del sistema ciberespacial mínimo. A fines de 1988 seguía costando centenares de miles de dólares ingresar en el ciberespacio, si se cuenta el costo del hardware representativo y las computadoras que modelaban el mundo y que se debían comprar para completar los costosos guantes, gafas y sensores de posición. Sin embargo, Walker señaló que sería posible usar las posibilidades gráficas de un chip de procesamiento que acababa de ser puesto a disposición en el comercio —i860 de Intel, llamado a veces "una supercomputadora en un chip"— para aumentar la potencia de un ordenador personal mucho menos caro. Comprando un aditamento de video basado en esos chips, usando computadoras domésticas baratas Amiga 500 como máquinas ejecutoras, confeccionando gafas

como lo hicieron McGreevy y Humphries y comprando los guantes a VPL o usando una bola rodante de seis grados de libertad, más barata, podían bajar el costo del conjunto, salvo la computadora de control, a una cifra cercana a los 15.000 dólares, según estimó Walker.

Ese sistema "de ciberespacio en un portafolio", como lo llamó Walker, sería un prototipo que podía demostrar a los usuarios de CAT las virtudes de revolotear en el interior de su edificio durante el proceso de diseño. El rol que Walker consideraba ideal para Autodesk era el de fabricantes de herramientas, creadores de *kits* para la elaboración de software destinado a los exploradores que iban a acompañar a los sistemas ciberespaciales, cuando éstos alcanzaran el precio de comercialización adecuado. Los productos y proyectos existentes en Autodesk para modelar gráficos tridimensionales podían usarse enseguida, sin modificación, para construir mundos. El software futuro podía confeccionarse modificando los productos existentes. Mientras los componentes de hardware de las herramientas se volvían accesibles en cuanto a precio, Autodesk podía ganar por la mano al resto del mundo del software. La VPL estaba dividiendo su energía entre el negocio del hardware y el del software, y seguía abriéndose paso con esfuerzo, pero en un arranque prometedor. La VPL estaba desarrollando el mercado de muchas maneras diferentes, el CAD era sólo una de ellas. Con docenas de programadores que mantenían y extendían los programas de ejecución tridimensional, Autodesk estaba de lejos a la cabeza de cualquier otra compañía de software que decidiera saltar al ciberespacio.

La conclusión del extraordinario memorándum de Walker alcanzó una intensidad de sermón. Escribió: "Si Autodesk tiene fe como yo, en que esta tecnología no sólo tiene la clave de la siguiente generación de interacción usuaria, sino que primero encontrará aplicaciones en nuestro mercado central, el diseño tridimensional, entonces Autodesk debe invertir recursos para desarrollar esa tecnología en proporción con su potencial. Si emprendemos ese proyecto debemos comprometernos con él en forma explícita y asignar mano de obra adecuada para llevarlo a cabo... Una iniciativa de Autodesk, 'Ciberpunk', que dé resultados dentro de cuatro meses y productos dentro de doce, es accesible, asequible y apropiada". El prototipo se materializó casi tan rápido como lo predijera Walker. El memo se emitió en septiembre, el sensor Polhemus y el DataGlove fueron adquiridos en octubre y el HMD se completó y el primer prototipo se presentó en marzo de 1989. Los productos llevaron un poco más de tiempo; en primavera de 1991 los productos comerciables todavía estaban en desarrollo. El proyecto tuvo sus altos y sus bajos desde que Walker dio la patada inicial.

El invierno de 1988 y la primavera de 1989 fueron períodos de actividad impetuosa en Autodesk. Se creó un proyecto, se asignó y se contrató el personal, se amueblaron las oficinas. Los cibernautas de Autodesk denominaron Ciberia a una serie de oficinas y una gran área destinada a taller. William y Meredith Bricken, un equipo de marido y mujer, y otra pareja, Eric Gullichsen y Patrice Gelband, así como Randal Walser, Gary Wells y Christopher Allis,

constituyeron el contingente original. Yo irrumpí allí un día de principios de 1989, antes de que tuvieran lista la presentación del "ciberespacio en un portafolio", y hablé con el director del proyecto, William Bricken. Entonces nos dimos cuenta de que habíamos hablado una vez por teléfono siete años antes, cuando él era un científico cognitivo de Atari. Seguía siendo un matemático y un filósofo tanto como un psicólogo, un programador de inteligencia artificial y otro "converso religioso" más en la cruzada del ciberespacio. Su mujer, Meredith, era una educadora, artista y psicóloga. Aunque sus visiones del futuro eran diferentes de las de Jaron Lanier, los Bricken parecían convencidos no menos profundamente de que estaban en el umbral de la cosa mayor que se hubiera creado desde el alfabeto, tal vez desde el lenguaje hablado. Lo primero que quisieron saber era si yo me daba cuenta de cuán grande podía llegar a ser esa fantasía del ciberespacio.

Meredith dirigía la investigación bibliográfica y preparaba la documentación para el programa de investigación. William esbozaba la visión del juego de herramientas ciberespaciales que ellos elaboraban y soñaba con las catedrales del laboratorio que podrían crear con las herramientas nuevas. Gullichsen, Gelband y Walser eran los programadores principales. Gullichsen lleva sus bucles rubios largos hasta los hombros y el tiempo debe estar muy frío para que se lo vea usando pantalones largos; Eric es el que trajo a su amigo Timothy Leary para hacer el filme de promoción anunciando su programa de ciberespacio al público. Gelband tiene un doctorado en física. Christopher Allis, que viste de negro y lleva un aro de Autodesk, ayudó con los sistemas de hardware y las pruebas piloto. Hasta ahora, él acumuló probablemente más horas en el ciberespacio que cualquier otro, Jaron Lanier inclusive. Juntos formaron una tripulación alegre, sobre todo en los primeros días de la empresa, guiados por el manifiesto de Walker y el apoyo de su propia compañía. La primera presentación que los ciberianos de Autodesk montaron cuando calibraron su hardware fue el plano de una oficina. El software del CAD de Autodesk viene ahora con una biblioteca de diferentes entornos que los usuarios pueden utilizar como base para sus propias creaciones, y el ejemplo más conocido en la biblioteca es el plano de un espacio de oficina con cubículos y escritorios, estanterías y puertas. El primer ciberespacio lo estuvieron mostrando todo el día, durante semanas, antes de la primera presentación pública. Llegué a su oficina una tarde de primavera de 1989 y observé cómo otros se enfrentaban con su primer ciberespacio mientras yo esperaba mi turno. Es algo chocante observar a otro en el ciberespacio, sobre todo si uno no puede ver lo que ellos ven: es un poco como observar desvariar a alguien. Era más fácil observar, caminando detrás de los programadores y mirando por encima de su hombro, cuando ellos controlan la ejecución del sistema. Cualquier cosa que el participante viera en tres dimensiones estaba representada en una pantalla. Por esa razón yo sabía cómo era el espacio en el cual ingresaría antes de entrar en él.

Después del mundo de la NASA con sus sencillos armazones y esquemas monocromáticos, los sólidos sombreados y coloreados del sistema Autodesk

eran impresionantes por su verosimilitud; no era tan impresionante la rapidez: el intervalo perceptible entre mis movimientos y los cambios en el display del ciberespacio parece tanto más irritante cuanto más se acostumbra uno a la experiencia. Las computadoras i860 pueden generar alrededor de 100.000 polígonos por segundo, que no es tanto como parece, porque significa que incluso una simple escena de un dibujo animado puede representarse solamente con cinco o seis cuadros por segundo. Treinta cuadros por segundo parece ser el umbral mínimo más bajo de la ejecución de cualquier trabajo extendido. Cuando los chips que están en sus etapas de prototipo en Santa Clara y Yokohama actualmente incidan en el mercado dentro de un par de años, ese umbral será alcanzable en forma accesible. Ésta es una de las áreas en las que la economía a gran escala puede impulsar la difusión de una tecnología; si un juguete o una herramienta o un producto de consumo hace que valga la pena producir en serie nuevos chips para gráficos tridimensionales, los sistemas de RV futuros serán más potentes y menos costosos que hoy. El primer sistema de Autodesk era torpe, pero era en verdad un ciberespacio de portafolio, costaba algo menos de 25.000 dólares y funcionaba con una computadora que podía comprarse por unos pocos miles de dólares en lugar de unos pocos cientos de miles de dólares.

No se trata de que las coacciones del hardware me molestaran terriblemente. El "plano de la oficina" hizo algo más de lo que habían logrado los modelos de moléculas o transbordadores espaciales o versiones de armazones esquemáticos del laboratorio de la NASA: me transmitió una sensación de lugar. Y el lugar era algo depresivo, de un modo realista. Estaba *allí*, en sombras completamente paralácticas, vívidas, de rojo y azul. Había cosas por descubrir, aspectos del mundo por comprender, caminando, extendiendo las manos y los dedos para asirlos. La representación de mi mano no parecía tan cuadrada como en Mountain View, aunque no se puede decir que fuera antropomórfica. Se parecía a un guante amarillo de un robot. Descubrí que era posible extender la mano y el guante por encima del estante, tomar uno de los libros cerrando la mano y bajarlo para verlo más de cerca. El sistema "portafolio" no tenía suficiente capacidad de computación —pues se parecía más a un baúl cuando se apilan todos los componentes— para que yo abriera el libro y lo leyera. Pero la cuestión de la capacidad del hardware para exhibir libros dinámicos en el ciberespacio es sólo una cuestión de tiempo.

Observé que Autodesk había adoptado para navegar en el ciberespacio la convención que había promovido la NASA/Ames: el "paradigma apunte con el dedo y vuele". El entorno no era tan sobrio como el que la gente suele ver o está acostumbrada a ver en las oficinas en la realidad física: una vez implementado el plano original de la oficina, se le agregó una entrada hacia otra dimensión, porque para eso está el ciberespacio: una puerta cerraba hacia una piscina virtual, donde podía quedarme bajo una sombrilla de playa o incluso entrar en el agua donde tomaba un tinte azul.

Para aquellos de nosotros que habían recibido sus experiencias bautisma-

les en la NASA, cuando ésta todavía usaba los gráficos a modo de armazones de alambre, esto era una estación de paso impresionante en la búsqueda de la realidad. Para los que probaron el ciberespacio por primera vez en Autodesk, la incredulidad desaparecía más pronto y había menos control sobre las especulaciones acerca del futuro. Más o menos al mismo tiempo que recibí mi primera demostración del primer ciberespacio de Autodesk, John Barlow, otro escritor sobre quien ejercía fascinación la industria de la RV, describió su primera inmersión en el territorio digital en *Mondo 2000*, una revista técnico-cultural de vanguardia:

> *"De pronto ya no tengo cuerpo. Todo lo que queda de ese revoltijo que por lo general constituye mi yo corpóreo es una mano brillante y dorada que flota ante mí como la daga de Macbeth. Apunto con el dedo, cuan largo es, al estante sobre la pared de la oficina.*
>
> *Trato de agarrar un libro, pero mi mano lo atraviesa.*
>
> *'Cierre el puño dentro del libro y lo tendrá', dice mi guía invisible.*
>
> *Hago eso y, cuando vuelvo a mover la mano, el libro permanece incorporado a ella. Abro la mano y la retiro. El libro queda suspendido sobre el estante.*
>
> *Miro para arriba. Veo una estructura de vigas rojas que sostienen las paredes de la oficina...; encima está la negrura del espacio. La oficina no tiene techo, pero no lo necesita. Allí nunca cambia el clima.*
>
> *Apunto hacia arriba y empiezo la subida, atravieso una de las vigas durante mi ascensión. A varios cientos de metros sobre la oficina miro hacia abajo. Está en medio de una pequeña isla en el espacio. Recuerdo el asteroide doméstico de* El Principito *con su único volcán y su única planta.*
>
> *Cuán parecido al futuro podría ser este lugar: es un mundo diminuto del tamaño suficiente para contener el cubículo de un Obrero del Saber. Siento una oleada de soledad y me dirijo hacia abajo. Paso de largo por la puerta de la oficina y me zambullo en el añil sin fondo que está abajo. De pronto no puedo recordar cómo detenerme y volver. ¿Debo apuntar hacia atrás? ¿Debo darme la vuelta antes de apuntar? Me sobreviene la amnesia."*

El video de la gira ciberespacial en el plano de la oficina carece de la profundidad de la versión con gafas y guantes, pero sí incluye un momento que dejó sin aliento al auditorio de la convención de CAD en Anaheim a la que yo asistí, cuando el punto de vista de la cámara se elevó y miró hacia abajo al plano de CAD familiar, desde una perspectiva totalmente nueva. El anuncio del ciberespacio y de la sesión de debate posterior se tituló, a pedido de William Bricken, "Ciencia fantástica". En los departamentos de arriba del hotel donde tuvo lugar la convención, se les daba a los clientes selectos breves muestras personales de ciberespacio. Timothy Leary, que participó en el filme por razones que no estaban muy claras para un auditorio más bien serio, estuvo un rato en el departamento, sirviendo un whisky y yendo al hall para fumar un cigarrillo mentolado.

Los siguientes ciberespacios que el equipo de Autodesk, creó, fueron ejemplos de cómo el ciberespacio podía introducirse en los hogares.

La demostración del *hicycle* usó una bicicleta fija, el tipo de aparato que la gente pedalea durante kilómetros virtuales en su casa mientras miran la televisión. Cuando subí en una bicicleta estacionaria y me coloqué la máscara en la cabeza, me encontré rodando sobre un camino por un campo sin fin de dibujos animados. Empecé a pedalear. Mi punto de vista comenzó a moverse a lo largo del camino mientras el mundo fluía a cada lado de mi foco central. El uso terrenal inmediato como simulador de ejercicios que harían más accesibles los ejercicios aeróbicos bajo techo realizados por tecnócratas fofos, está condimentado por el único rasgo ciberespacial que me permitió *volar* sobre un paisaje, cuando alcancé una velocidad de pedaleo de 30 kilómetros por hora. El golf y el esquí son otros dos deportes que podrían ser adecuadamente simulados por el ciberespacio con la ayuda de plataformas móviles. El siguiente ciberespacio de Autodesk en el que yo ingresé también pertenecía al mundo de los deportes: el juego individual para pelota con paleta que estaba listo y funcionando para SIGGRAPH en junio de 1989.

En SIGGRAPH estuve esperando mi turno durante media hora junto al stand de Autodesk, charlando con los entusiastas del grafismo computerizado, sobre sus expectativas para el ciberespacio. Cuando llegó el momento para mi demostración, ellos me pusieron en la mano una pelota con un sensor Polhemus en lugar de meterla en un guante. La "pelota" se parecía más a un sólido multifacético que a una esfera lisa, y pasó un momento para que se compensara el retardo, pero me di cuenta que movía la paleta real en el espacio cercado por cuerdas en el stand de Autodesk, y observaba cómo la paleta entraba en contacto con la pelota virtual en la cibercancha. Rebotaba contra todas las paredes con un movimiento relativamente lento. Yo no podía sentir el momento del contacto, pero como señaló Eric no sería difícil crear un "golpe" en el mango de la paleta en el momento del impacto.

Poco después de haber experimentado las demostraciones de la bicicleta y de la paleta, empecé una serie de conversaciones con Walser, el arquitecto del ciberespacio de Autodesk y el gerente de sus aplicaciones relacionadas con deportes y entretenimientos. Un individuo de hablar bajo, un padre dedicado, Randal Walser es el tipo de persona a la que el adjetivo "pensativo" describe bien. Durante los últimos dos años, entre las largas sesiones de programación invertidas en hacer funcionar las demostraciones, él expresó, en una serie de artículos, sus visiones de lo que podría llegar a ser el ciberespacio. Como otros que han terminado en el desarrollo de la RV, Walser se dedicaba a la programación de juegos a principios de los años 80. En cierto momento elaboró, para una subsidiaria de Bally/Midway en *Cyber Ridge*, el prototipo de un juego de aventuras de exploración virtual usando la tecnología de los videodiscos. Walser y sus colegas encontraron una colina adecuada en Utah, pasaron seis semanas fotografiándola con una cámara panorámica de 360 grados y empezaron a construir la simulación de una batalla basada en el modelo

digital de esa colina. Después de cerrarse la compañía que construía el juego, él trabajó en proyectos de inteligencia artificial y telerrobótica antes de incorporarse a Autodesk, donde parece determinado a quedarse todo el tiempo que requieran sus investigaciones del ciberespacio.

Pese al gran optimismo de la primavera anterior, la moral de Autodesk sufrió un bajón en el otoño de 1989. Primero, William y Meredith Bricken renunciaron por una disputa con la gerencia sobre la dirección del proyecto. Luego Eric Gullichsen y Patrice Gelband abandonaron para formar su propia compañía de RV, la Sense8 Corporation. Eric Lyons tomó a su cargo la dirección del proyecto. Carl Tollander y Randy Walser siguieron trabajando en la estructura de software que necesitarían para construir los grandes espacios nuevos que habían propuesto en sus artículos de toma de posición. Pero la iniciativa de ciberespacio de Autodesk pareció perder trascendencia hasta finales del verano de 1990, cuando empezó de nuevo a incrementarse la cantidad de programadores dedicados al proyecto. Una vez encaminado el proyecto, Walser se ausentó por un tiempo para programar algo. Queda todavía por ver si Autodesk logra hacer andar el proyecto sostenido a veces caprichosamente, hasta llevarlo a una producción plena.

En mi conversación con Walser, y los artículos de toma de posición que él escribió, han surgido varias ideas clave. La primera es que la autonomía de los sistemas actualizados va a dictar el aspecto de lo que él llama "Ciberias", lugares donde uno va para experimentar el ciberespacio, más que la difusión inmediata y amplia de "simuladores personales". Luego, el aspecto del ciberespacio, en el cual una sensación de presencia corporal se une con una gran plasticidad de representación corporal, es un asunto de consecuencias potencialmente profundas. Walser comparte con Brenda Laurel y otros la convicción de que el ciberespacio es intrínsecamente un medio teatral, en el cual la gente participa de actos que tienen estructura dramática y emociones. Por último, destaca el hecho de que los deportes sustitutos son algo más que una ingeniosa entrada en un mercado en el que se dispone de gran cantidad de ingresos para artefactos experimentales: los deportes combinan los aspectos sociales de las "Ciberias", la importancia de la encarnación física y una instancia concreta de una interacción dramática personalizada.

No es difícil imaginar un lugar como un club de cultura física moderno con cabinas de diferentes tamaños y acolchados, y equipamientos tales como bicicletas fijas para gimnasia y suelos móviles, donde haya apartados de ciberespacio de diferentes clases, disponibles por hora o para los socios. ¿Quién crearía estos espacios? Walser cree que lo que hace falta es una nueva clase de especialistas de carácter general: "Una nueva generación de profesionales, arquitectos de ciberespacio que diseñen y orquesten la construcción de los espacios y escenarios cibernéticos. Los talentos de un arquitecto ciberespacial serán afines a los de un arquitecto tradicional, a los de directores de películas, novelistas, generales, entrenadores, dramaturgos, diseñadores de videojuegos. El cometido del diseñador de ciberespacios consistirá en hacer que la expe-

riencia parezca real. La tarea es tanto artística como técnica, porque la experiencia es algo que se genera en forma espontánea en la mente y en las sensaciones, no algo que pueda ser construido, empaquetado y vendido como un coche o un frigorífico", escribían Gullichsen y Walser en 1989.

Las ideas de Walser sobre encarnación evolucionaron al cabo de los dos años en que hablé con él y leí sus artículos publicados. En 1989 escribió junto con Gullichsen:

> *"El ciberespacio no solamente proveerá nuevas experiencias como paseos en una feria de diversiones. Más que cualquier mecanismo inventado hasta ahora, cambiará el modo en que se perciben los humanos, en un nivel muy fundamental y personal. En el ciberespacio, no hay necesidad de moverse en un cuerpo como el que uno posee en la realidad física. Usted puede sentirse más cómodo, al principio, con un cuerpo como el 'propio', pero a medida que desarrolla su vida y sus quehaceres en el ciberespacio, su concepto condicionado de un cuerpo inmutable y único cederá el lugar a un concepto mucho más liberado de 'cuerpo' como de algo que se puede desechar y que es en general limitante. Usted descubrirá que algunos cuerpos funcionan mejor en ciertas situaciones, mientras que otros funcionan mejor en otras diferentes. La capacidad de cambiar de forma radical y compulsiva la imagen del propio cuerpo está destinada a tener un efecto psicológico profundo, cuestionando precisamente lo que usted cree que es.*
>
> *"Imagínese una fiesta de disfraces en la cual usted adopta no solamente un nuevo conjunto de vestimenta, sino un cuerpo nuevo, una nueva voz y —en cierto sentido fundamental y literal— una nueva identidad. Ahora imagínese que usted lo hace no sólo en una fiesta, sino todos los días, como parte integrante de su vida. ¿Quién es usted entonces? Parecería, desde su actual punto de vista en la realidad física, que usted estará centrado como lo está ahora, en su cuerpo físico. Siempre se vuelve a eso, ¿no es cierto? Pero ¿ocurrirá eso hasta si usted pasa casi todo su tiempo de vigilia en el ciberespacio, con cualquier cuerpo o personalidad que adopte? ¿Ocurrirá eso cuando las consecuencias de sus acciones y decisiones en sus posibles personalidades tengan consecuencias físicas, sociales, económicas, artísticas, técnicas y éticas tan significativas como las de su personalidad 'original'? La personalidad alternativa, que sólo actúa en el ciberespacio, ¿constituirá legalmente una persona?"*

Randal Walser no pretende recibir respuestas a todas las preguntas que plantea. En Anaheim hablamos acerca de las incertidumbres de la tecnología. Tuvimos tiempo para hablar de nuevo en mayo de 1990, en Austin, Texas, en la primera conferencia sobre ciberespacio, convocada por el Departamento de Arquitectura de la Universidad de Texas. En la última noche de la conferencia nos reunimos en los jardines de un hotel con vistas sobre el río Colorado, que corre por Austin, esperando ese momento del crepúsculo en que un millón de

murciélagos emerge de debajo del puente, río abajo. Walser estaba cada vez más convencido de que el conocimiento de teatro, deportes, danza y cine iba a volverse tan importante como la programación. "En cierto modo, el ciberespacio va más allá de todas las formas previas de expresión —me dijo, sobre el fondo de agudos chillidos y de dos millones de alas correosas—. La diferencia está en el modo en que el ciberespacio faculta al auditorio para que éste dé forma al resultadó de la experiencia", agregó.

—¿Qué tienen que ver los deportes, el teatro y el ciberespacio entre sí? —le pregunté.

—Son todos formas refinadas del juego —me contestó.

En marzo de 1991, Walser había presentado una comunicación, otra vez en Anaheim, a la National Computer Graphics Association, con el título de: "Elementos de un teatro ciberespacial". Reconociendo el trabajo promotor de Brenda Laurel, Walser argumentaba que el teatro y la interacción dramática son en verdad la metáfora apropiada para concebir los fines del ciberespacio:

> *"El ciberespacio es un medio que da a las personas la sensación de ser transportadas desde su mundo físico común a mundos de la imaginación. Aunque los artistas pueden usar cualquier medio para evocar mundos imaginarios, el ciberespacio contiene sus propios mundos. Tiene mucho en común con el cine y el teatro, pero es único en cuanto al poder que confiere a los espectadores. La película entrega poco poder, pues no proporciona ningún medio para que el auditorio altere las imágenes de un filme. El escenario otorga más poder que la película, pues los actores pueden 'provocar' reacciones del público, pero el curso de la acción sigue básicamente determinado por la obra escrita. El ciberespacio concede el máximo poder, pues faculta al espectador no sólo para observar una realidad, sino para entrar en ella y experimentarla como si fuera real. Ninguno sabe qué ocurrirá de un momento a otro en el ciberespacio, ni siquiera el que fabricó ese espacio. Cada momento da a cada participante una oportunidad para crear el suceso siguiente. Mientras que una película se usa para mostrar una realidad a un auditorio, el ciberespacio se usa para dar un cuerpo virtual y un papel a todos los espectadores. La palabra impresa y la radio comunican; el escenario y el cine muestran: el ciberespacio encarna.*

A mediados de octubre de 1990, un curioso rumor empezó a circular acerca de John Walker. Él estaba a punto de terminar el proyecto sobre el cual estuvo trabajando desde que se retiró de las operaciones cotidianas de Autodesk en 1989; el núcleo de un sistema operativo ciberespacial transportable. No se hizo ningún anuncio público al respecto, pero parece como si fuera cierto que Walker ha estado trabajando realmente en secreto sobre lo que podía ser el corazón de una arquitectura de software para un sistema ciberespacial comercial. ¿Ha llevado Walker a su compañía al borde de otra revolución? El tiempo lo dirá. Vale la pena recordar que hay una considerable población de

trabajadores del software —aquellos que confeccionarán, venderán y alquilarán ciberespacios con propósitos diversos— dispuestos a comprar un producto a un desconocido, si es cierto que John Walker ayudó a crearlo. Es ahí donde está la última prueba de la visión de Walker. Él ve a Autodesk como el vendedor supremo a los clientes del ciberespacio, el fabricante de herramientas que vende la infraestructura de software para usar gafas y guantes y diseñar objetos en el ciberespacio. Como observara Frederick Brooks, el éxito de un fabricante de herramientas toma su tiempo para que lo juzguen, mientras que los que usan dichas herramientas tienen la oportunidad de tener éxito o fracasar. Cuando los primeros en adoptar las herramientas de diseño de la RV demuestren su ventaja competitiva, y si lo hacen, entonces la revolución de ciberCAD podría ocurrir en gran escala, cuando los usuarios de CAD se pongan de acuerdo para comprar el software correspondiente y permitan bajar los precios de las tecnologías habilitantes.

Para fines de 1989, la VPL y Autodesk no estaban solas entre los principales proyectos comerciales. Una empresa medio académica, medio comercial, conocida como HIT Lab, de Seattle, dirigida por un ex investigador de la Fuerza Aérea norteamericana, fundó un consorcio de investigación y desarrollo, que incluía en su primer año a Digital Equipment Corporation, Port of Seattle, Sun Microsystems y US West Communications como socios fundadores. Este nuevo grupo apareció de pronto en la escena comercial del ciberespacio, pero no surgió de la nada. Un elemento de la mayor importancia, común a la mayoría de las revoluciones tecnológicas relacionadas con computadoras y electrónica, había ingresado en la historia de la RV: la transferencia de tecnología. Cuando las tecnologías militares alcanzan cierta edad, estimulan a veces ondas de desarrollo civil. Después del derrumbe del *boom* aeroespacial, por ejemplo, la disponibilidad de muchos ingenieros electrónicos especializados ayudó a propulsar la revolución electrónica de consumo que llegó poco tiempo después. Una gran cantidad de transferencia implica algo más que la suspensión del secreto sobre la información y el interés de los vendedores de hardware en encontrar mercados no militares para sus productos. Ocurren grandes transferencias de tecnología cuando los miembros clave de los proyectos militares empiezan a interesarse ellos mismos en las aplicaciones civiles. La fundación de HIT Lab y la persona particular que lo fundó señalan el afloramiento de una corriente de investigación de la RV que había permanecido oculta a la atención de los investigadores civiles durante décadas.

9

La realidad en su retina

"El silencio se instala en el quirófano. Se inserta un catéter en la vena del brazo del paciente. En el extremo del catéter hay un dispositivo micromecánico que contiene un televisor de exploración y un sensor de presión. El cirujano jefe se coloca un casco especial en la cabeza. Se conecta la energía eléctrica al catéter y al display del casco. Un resplandor verde se refleja en los ojos del cirujano. Al instante él es transportado visualmente dentro del cuerpo de su paciente y el casco le da la visión y el sonido recibidos de la sonda colocada en el extremo del catéter.

Mientras realiza su increíble viaje dentro del ser humano, ve todo un mundo nuevo desde dentro del vaso sanguíneo. Él 'pilota' la sonda del catéter, navegando hacia el corazón, mientras que oye el gorgoteo de la sangre alrededor de la válvula defectuosa. Mientras se aproxima a la válvula, extiende la mano para controlar a distancia una máquina suturadora en miniatura que corrige la disfunción de la válvula. En el otro lado del corazón, el cirujano continúa su viaje hacia la aorta. Dispara su rayo láser para destruir otro enemigo: el tejido adiposo que bloquea la aorta."

THOMAS A. FURNESS III
Fantastic Voyage, 1986

"No se quede estático ante la idea de las pantallas. Las pantallas pueden volverse obsoletas antes de lo que usted piensa", lo dijo Thomas A. Furness III, hasta ahora director del programa de investigación de RV de las Fuerzas Aéreas de Estados Unidos, en una lluviosa tarde de invierno en Seattle. Estábamos sentados en su oficina en los cuarteles generales del Human Interface Technology Laboratory, teniendo ante nosotros la vista panorámica, rayada por la lluvia, de un edificio de ladrillos en el campus de la Universidad de Washington. La parte visible del laboratorio era un comienzo humilde, pero lo que Furness lleva en su cabeza es un activo inigualado por ninguno de los otros laboratorios de RV del mundo. Frederick Brooks se había concentrado

en la RV durante un tiempo igual, pero Furness tenía un mejor apoyo financiero y así sabe qué es posible hacer con una tecnología de RV cuando el precio no es un impedimento. Además, Furness tiene acceso a una red de contratistas que cultivó durante su carrera de investigador en las Fuerzas Aéreas; firmas de ingeniería, muchas de ellas con pequeños talleres, que han estado trabajando con los componentes de las máquinas de la realidad durante años.

Mencioné a Furness que el problema de retratar la realidad en los displays de cabeza residía en que no había métodos conocidos para representar una imagen en una pantalla de display CRT o LCD, y ni siquiera las costosas fibras ópticas que usa la Fuerza Aérea de Estados Unidos podían compararse a las capacidades del sistema visual humano.

"Un microscanner de láser pintará las realidades directamente en la retina; es sólo una cuestión de tiempo —me informó de ese modo tan propio de él que hace desear creerle. Agregó—: La gente que está trabajando en eso cree que podemos alcanzar una resolución de 8.000 por 6.000 líneas de barrido

Su tono de voz y sus ojos azules serenos ya me habían medio convencido de que no estaba fantaseando, que no especulaba, simplemente expresaba un hecho pocos años antes de que fuera verdad.

Pasé una semana en el HIT Lab, como terminaron llamando a su institución naciente. Pasé mucho tiempo en Seattle conversando con Furness y lo encontré en varias conferencias de RV por el país un año después. Creo que conozco bastante bien su credibilidad, y es esto lo que hace difícil no creer en algunas de sus fantásticas metas para el futuro de la tecnología de RV. Si en verdad es posible enviar rayos láser, sin peligro, directamente sobre la retina a una velocidad bastante grande, de una manera controlable que se sincronice con el movimiento de los oculares en tiempo real, como parece creerlo con tanta seguridad Furness, entonces ciertamente eso será un avance importante en lo que respecta a la verosimilitud del display virtual.

Los displays artificiales que se han construido hasta ahora presentan dos problemas relacionados con el poder de resolución y las dimensiones del campo visual disponibles para los sistemas de visión artificiales (como opuestos a los biológicos). Para el sistema visual humano, los pixels sobre los displays gráficos, aun los más adelantados, son de grano mucho más grueso que en el mundo físico; y mientras se pueda detectar un borde o un límite a lo que uno ve, el tamaño del campo es inadecuado de todos modos. Recordando el epigrama de Alvy Ray Smith sobre grafismo de computadoras y discriminación visual humana, haría falta el equivalente de ochenta millones de polígonos por segundo donde quiera que uno mire, para aproximarse a la capacidad humana de construir modelos visuales en tres dimensiones. Un microscanner de láser estereoscópico, un instrumento maravilloso, pero por ahora hipotético, para estimular directamente los receptores de luz en el ojo humano, realzaría de un modo considerable el nivel de realidad del ciberespacio, aunque a costa de una demanda enorme de capacidad informática. El elemento básico de la interfaz entre hombre y computadora sería una célula retinal receptora de luz,

sea un bastoncito o un cono, antes que un pixel, tal vez una arquitectura de computadora masivamente paralela en el futuro podría destinar una unidad entera a cada bastoncito o a cada cono en cada globo ocular: en principio, eso podría facilitar el control total del entorno visual.

Furness estuvo tan sincero como genial durante nuestras conversaciones. Yo creo que estaba auténticamente contento de ver que alguien apreciara el alcance del potencial de la RV. Y creo también que es una persona que sabe prestar atención a otra persona en una conversación, sobre todo si esa otra persona está escribiendo un libro sobre lo que él está haciendo. Uno no puede tratar con generales de la Fuerza Aérea durante décadas si ignora completamente las bases de las buenas relaciones públicas. Lo he visto trabajar con los mejores de ellos, sobre todo en la conferencia de Santa Bárbara, en marzo de 1990, cuando quedó claro que estaba surgiendo una ciencia de la investigación de la RV. Recuerdo cuando estábamos en el auditorio del Sheraton la última noche de esa conferencia, conversando con otros participantes después de una de las sesiones y dándome cuenta de que la gente que charlaba en el grupo, alrededor de la cafetera, sobre si la editorial del MIT debiera empezar a publicar una revista sobre investigación de la RV incluía a Thomas Furness, Myron Krueger, Jaron Lanier, Nathaniel Durlach y Frederick Brooks. Si uno quisiera preparar un asalto a la RV al estilo del proyecto Manhattan, ésa es la gente con la que tendría que empezar; individualmente ellos están comenzando a manejar los problemas científicos y técnicos que deben resolverse, pero cómo podrían trabajar juntos, ése es un proyecto de otra magnitud. La RV atrajo ciertamente a un conjunto de personalidades muy diferentes y muy fuertes.

De mi propia experiencia puedo decir algo acerca de Furness, y es que parece ser muy tolerante en cuanto a la diversidad de personalidades y estilos de vida de los demás. Parece tener suma destreza en reclutar personas de talento en sus proyectos. Y es un individuo que trabajó junto a hombres uniformados de la Fuerza Aérea estadounidense durante bastante tiempo hasta épocas muy recientes; entré en su oficina vestido con una camisa estampada y mis zapatos de varios colores, y si pestañeó, lo hizo tan rápido que no lo alcancé a ver. Se lleva bien con Jaron Lanier, que rehúsa aceptar capital militar, y parece estar en buenas relaciones con las otras figuras claves del campo de la RV, un panorama social tan repleto de complicaciones interpersonales como cualquier empresa humana que involucre a colegas muy inteligentes. Si hay alguien que pudiera actuar como un catalizador social, tan respetado como para brindar algo similar a un liderazgo para semejante colección de rebeldes, ése sería Thomas Furness.

Hasta que vi la estrategia con la que los japoneses enfocan el desarrollo de la RV, la cuestión de si debiera montarse un planteamiento amplio de investigación para una tecnología tan marginal realmente no parecía importante. Las interconexiones académico-comerciales-gubernamentales estaban allí, en aquel cuarto de Santa Bárbara, para crear un escenario creíble de un "complejo industrial de la realidad" que pudiera organizarse si una persona o una

institución en Estados Unidos tomara la decisión de desarrollar esa tecnología. Cómo hacerlo sin que haya una guerra, que es el mecanismo financiero tradicional de la informática, es un verdadero desafío, porque ni el gobierno de Estados Unidos, ni las industrias norteamericanas más grandes invierten mucho dinero o dan créditos a largo plazo para la investigación y desarrollo. Entre toda esa gente, Furness tenía una clara noción de lo que era posible, qué tenía que hacerse y la voluntad de encaminar las cosas en la dirección en la que él creía que debía avanzar la investigación.

A propósito, Thomas Furness fue una de las personas con quien me encontré por primera vez en forma virtual, en el ciberespacio basado en textos, de una red informática mundial. Tomé contacto con él porque vi que mis propios intereses se emparejaban con las necesidades de la realidad virtual emergente. La primera vez que viajé por Estados Unidos, en el verano y el otoño de 1989, vi que los investigadores individuales estaban tan ocupados con sus piezas del rompecabezas que no podían mantenerse al día con la investigación relevante que parecía surgir en campos inesperados y anteriormente no conexos. No era como un campo altamente especializado en que los nuevos adelantos son rápidamente accesibles para cualquiera que debiera conocerlos. Un algoritmo nuevo, una tecnología de miniaturización de chips, un sensor de rastreo del movimiento, arquitectura de computadoras, descubrimiento de investigación de factores humanos o la aplicación exitosa de un negocio podía cambiar el entorno para todos los demás.

A fines de 1989, a un año del proyecto de escribir este libro, con otro año por delante, me percaté de que había una manera de atraer más información a mi escritorio de la que yo pudiera reunir en los diez años de actividad no asistida; al mismo tiempo, vi una forma de relacionar a los especialistas ópticos de Utrecht con ingenieros de cámara tridimensional en Tokio, y a los informáticos de Chapell Hill con especialistas médicos de Palo Alto. El mismo sistema de computadoras conectadas por líneas de teléfono y modems que me permitía tomar contacto con Furness en la Universidad de Washington enviándole "correo electrónico" era también un foro potencialmente poderoso para establecer la comunicación interdisciplinaria indispensable para crear herramientas tales como los microscanners de láser. Se me ocurrió que si yo pudiera hallar para ese sistema el patrocinador acertado, tendría en la punta de los dedos un perfecto medio nuevo. Junto con una institución de investigación de RV adecuada, podría iniciar un "grupo de noticias" mundial y virtual en la Usenet,[1] y dejar que la comunidad *tecnoanárquica* mundial en rápido crecimiento hiciera el resto.

La mayoría de las personas no conoce el Usenet porque es un medio de comunicación informal que se originó por esfuerzo propio con un movimiento popular, sobre la base de la red de comunicaciones formal de computadoras que se formó en el mundo. Es más probable que lo conozcan los que trabajan

1. Red de usuarios. *(N. del T.)*

con computadoras, aunque se use la misma red de telecomunicaciones que para los teléfonos comunes. Cuando usted toma su teléfono, no tiene consciencia sencillamente de que la misma red que lleva su voz a cualquier lado adonde usted llame también lleva las comunicaciones de computadora a computadora. Es un ciberespacio real, conocido solamente para una subcultura que crece a una velocidad tal que tiene una verdadera oportunidad de evolucionar formando, desde el principio, un medio de masas espontáneo del futuro suavemente anárquico. Cuando las redes de comunicación de banda ancha de fines de los años 90 y siguientes relacionen miles de millones de hogares, el mayor ciberespacio de todos estará listo para ser colonizado. La red *ad hoc* que se ha difundido durante la última década podría parecer primitiva con gente que envía sus mensajes escritos a los corresponsales amigos en pantallas de computadora. Pero la comunicación mediante computadora, geográficamente distribuida, es un mecanismo social de gran poder y el antecedente posible de un medio híbrido futuro en que la telepresencia encontrará su lugar junto con los mensajes alfanuméricos.

La Usenet es una coalición de subredes formada por centenares de miles de computadoras centrales[1] cuyo tamaño varía desde las carteleras de aficionados en los dormitorios de los estudiantes secundarios hasta la propia Internet (la moderna descendiente de ARPAnet). La Usenet llega aproximadamente a cinco millones de lectores potenciales, contribuyentes universales permanentes, y cada día más centros se unen a la red. Los participantes individuales, estudiantes e investigadores e ingenieros desde Helsinki hasta Austin están conectados mediante sus propias computadoras de escritorio con las computadoras centrales que sirven como nodos locales. Los nodos locales son aquellos donde la gente trabaja normalmente a distancia, vía modem, usando programas o datos de computadoras más grandes para escribir artículos científicos y documentos técnicos, realizar investigaciones, redactar memorándums de negocios y crear programas de computadoras. Los centros incluyen muchas decenas de miles de computadoras de investigación universitaria, computadoras de empresas privadas, computadoras gubernamentales u ordenadores personales que están conectados con una de las otras clases de nodos.

Mi nodo local, el Whole Earth Lectronic Link (WELL), está constituido por varios miles de miembros que tienen acceso a la red llamando desde su propio ordenador personal y el modem a través de uno de los modems de WELL (había alrededor de 64, la última vez que lo verifiqué). El modem de WELL se conecta también automáticamente con el modem de un sistema de computadoras mucho más grande en Apple Computer, a 60 kilómetros de allí, cuatro veces por hora; en ese ínterin, si llega correo electrónico para alguien cuya dirección electrónica es el WELL, se lo entregan como manojo de datos, o si WELL tiene correo para enviar, ese correo es succionado en el sistema Apple, conectado a su vez de una manera diferente con centenares de otros sitios de Internet.

1. Llamadas "host computer" en inglés. *(N. del T.)*

Los nodos de Internet intercambian comunicación entre sí en todo el mundo mediante líneas de telecomunicación de gran velocidad destinadas a transmitir datos en lugar de voces, y los nodos que no están en la Internet rara vez están a más de unos pasos de un nodo que sí se comunica con la Internet. Podrá pasar una media hora antes de que llame la receptoría de noticias WELL, pero una vez que el mensaje llega al noticiero más cercano ligado con Internet, se supone que debe ir a cualquier otro lado en el mundo de la Internet, casi al instante.

En todo el mundo las personas se comunican entre ellas tecleando palabras en las computadoras y enviándolas como datos por la red de teléfonos. El conglomerado de redes que incluye a Usenet se conoce a veces bajo el nombre de Worldnet. Los lectores de William Gibson consideran a menudo que Worldnet es una versión embrionaria de Matrix, como está descrito en la serie de sus libros de ciencia ficción "Ciberpunk". (Matrix es también el nombre de un directorio muy serio y no de ficción en el mundo de las redes de computadoras.) La propia Usenet es sencillamente un foro que cabalga sobre una estructura de red de redes; es un universo ciberespacial funcionando a pleno rendimiento por su propia cuenta, embarcando unos 12 megabytes (aproximadamente unos 12 millones de palabras) de información, conversación, programas, chismes, informes y revistas científicas, cartas de amor y de odio, alrededor del mundo cada 24 horas. La cantidad de personas y localidades que intervienen y el número de mensajes intercambiados crecen día a día. Alguna vez, cuando la "vanguardia" de la RV se vuelva posible, la antigua Worldnet de la era prehistórica basada en textos de hoy suministrará la infraestructura para las comunicaciones del verdadero ciberespacio. Aquellos de nosotros que han conversado vía sus teclados quizás algún día se zambullan directamente en un lugar donde puedan danzar en el espacio de tres dimensiones.

La Usenet está en anarquía porque el mecanismo para encaminar los mensajes está incorporado en el código de los mensajes. Cada nodo comunica y comparte los datos con uno o más nodos locales, pero puesto que los nodos locales están conectados por alguna u otra senda, hay siempre muchas maneras para que llegue la información. Es casi imposible clausurar toda la red. Si se eliminan los nodos, la información fluirá sencillamente a través de una senda diferente desde su origen a destino. Cada computadora que se integra a la red obtiene y usa cierto estándar de software para enviar y recibir mensajes electrónicos en cierto formato. Hay reglas flexibles para crear y propagar grupos de noticias y muchas decisiones se toman por votación. La Usenet crea una correspondencia sincrónica universal haciendo circular los resultados de reuniones conocidas como *newsgroups* cuando se envían mensajes privados vía modem de una computadora a otra.

La gente usa hoy interfaces conocidas como "lectores de noticias" para filtrar material procesable de la marea diaria de información. Cuando conecto mi ordenador personal por medio de la línea telefónica con mi nodo local, el WELL, uso uno de los lectores de WELL para aceptar un subconjunto específico entre todos los mensajes electrónicos que pasan por la Usenet al WELL y

los pone a mi disposición, indexados de acuerdo con el tema. De esa manera, los mensajes de cualquiera que sea en el mundo destinados a los grupos de noticias referentes a cierta orquesta de rock and roll o la cultura pakistaní o escocesa, o el código genético humano, o uno de los cientos de otros temas serán exhibidos automáticamente ante mí y sólo si yo decido que quiero ver esos mensajes acerca de estos problemas. Si yo fuera a "suscribirme" a un servicio de noticias agrupadas sobre investigación de la realidad virtual, podría ver bajo pedido todos los mensajes nuevos referidos al tema. Si quisiera contestar en público a cualquier mensaje o responder mediante el correo electrónico privado a alguien que haya despachado un mensaje particular, podría emitir una simple orden e integrarme yo mismo en la conversación.

Este nuevo medio de comunicación, tema de intensos comentarios sociales y técnicos, tiene particular aplicación en esa gran conversación formal llamada ciencia. Los investigadores pueden adelantar versiones electrónicas de su último artículo anunciado, meses antes de que aparezca en las revistas científicas, a las dos docenas o las tres mil microcomputadoras de sus colegas más cercanos. Así ocurría, sin que se informara al respecto, durante años.

Se me ocurrió que podíamos crear un grupo científico, para discutir problemas de investigación y desarrollo en realidad virtual de un modo menos formal, más frecuente, mejor distribuido que en la confusión de las organizaciones profesionales, convenciones, conferencias y revistas que servían como medios de comunicación para las disciplinas individuales que convergían hacia la RV. En todos los sitios de investigación que visité en mi búsqueda de RV, he visto por lo menos una persona en el laboratorio usando una estación de trabajo de escritorio para "leer las noticias", expresión con la que se conoce el acceso a la Usenet entre los participantes. Podía ser un canal de comunicación interdisciplinario instantáneo.

Si se pudiera persuadir a una institución de prestigio que diera cabida a un servicio de noticias agrupadas, yo podría "moderarlo", seleccionando los mensajes de entrada antes de despacharlos, para evitar que se sobrecargue los discursos útiles con digresiones irrelevantes que un sistema abierto como ése haría posible, e iniciar de esa manera, dando el tono, una búsqueda universal de material de investigación para mi libro. Al mismo tiempo, se podría abrir un canal de comunicación científico útil para cualquiera que estuviera trabajando en ese campo. Thomas Furness, a quien sólo conocía por su reputación en ese momento, me pareció un auspiciante ideal para semejante empresa. Robert Jacobson, un amigo a quien conocí en el WELL, acababa de integrarse al HIT Lab. Él me proporcionó la dirección electrónica de Furness y envié a éste mi propuesta. A la mañana siguiente recibí la respuesta. Furness estaba a favor de la idea. Por cierto, una de las metas del HIT Lab era ampliar el acceso a la información lo más posible para los investigadores de RV. Auspiciar un servicio de noticias agrupadas sería el primer paso. Una base de datos bibliográficos, conectada a la línea a través de la red, podría ser una optimización futura.

Furness sugirió que habláramos por teléfono, cosa que hicimos. Organi-

zamos el servicio de noticias agrupadas. El nombre que elegí fue "Sci. virtualworlds". El arranque tomó su tiempo, pero empezó a expandirse a medida que más participantes en el mundo se integraban a la conversación. Pasé mi trabajo de moderador a un empleado de HIT Lab cuando llegó el momento de dejar de reunir información y empezar a escribir el libro. Lo sigo controlando, lo que me permite echar una ojeada a lo que hace o fantasea la gente sobre la RV en el mundo casi cada hora.

Furness mismo había cambiado su investigación auspiciada por los militares al ámbito académico pocos meses antes de que nos conociéramos. Tenía 23 años, en plena guerra de Vietnam, cuando por primera vez se incorporó a las Fuerzas Aéreas. Aunque dejó la Fuerza Aérea en 1971, siguió trabajando en el mismo laboratorio de la Fuerza Aérea estadounidense durante dos décadas más. Bromeaba diciendo "lo único que cambié fue el uniforme". Ahora tiene 46 años, es profesor y empresario tecnológico civil. Cuando visité Seattle, a principios de 1990, no conocimos por el correo electrónico y el teléfono a través del proyecto del servicio de noticias agrupadas. Durante varios días conversamos frente a frente, la mayor parte del tiempo en un pequeño espacio entre pilas de cartón de lo que era sin duda la colección más rica del mundo de datos sobre la técnica de construir displays de cabeza, todavía en cajas que llenaban la nueva oficina. La dirección de remitente era Wright-Patterson Air Force Base, Dayton, Ohio.

Furness era otro que creía fielmente en la RV como nueva tecnología de avanzada capaz de cambiar el mundo tan por completo como lo habían hecho la bombilla eléctrica y el transistor. Si alguien tiene motivos para creer en lo que se puede hacer en el límite de alta fidelidad de la RV y no ahorrar esfuerzos para ello, seria Furness. Él creó cascos de realidad durante casi un cuarto de siglo, con fondos de sostén de una magnitud mayor que los de la NASA o la UNC. En el ámbito de la RV todos habían sabido de Furness siempre, pero era porque la parte mejor de su trabajo como fundador, director y jefe de la Visual Systems Branch del Laboratorio Armstrong Aerospace Medical Research en Wright-Patterson AFB era secreta; su investigación era parte de un campo mayormente separado de la investigación paralela. La Fuerza Aérea de Estados Unidos y sus contratistas llaman "Visiónica" el campo que Furness coadyuvó a fundar. La Visiónica es suficientemente importante ahora como para realizar sus propias conferencias para vendedores y subcontratistas.

Considere el artículo sobre el diminuto viaje de microcirugía citado al principio de esta sección, descrito por el propio Furness, como una visión sincera de lo que podría brindar a la gente algún día la tecnología que él estaba construyendo. Luego compárelo con las capacidades demostradas por este guión publicado por otro autor, en la revista *Air & Space* más o menos de la misma época:

> *"Cuando trepó en su F-16C, el joven aviador de 1998 sencillamente enchufó su casco y bajó su visor para activar el sistema de la supercabina. El mundo virtual que vio imitaba exactamente el mundo de afuera. Los saliente del te-*

rreno estaban esbozados y representados en tres dimensiones por los dos diminutos tubos de rayos catódicos enfocados a la distancia de su visión personal...

"Una vez que estuvo en el aire, la gruesa capa de nubes oscureció todo lo que estaba fuera de la cabina. Pero dentro del casco, el piloto 'veía' el horizonte y el terreno con claridad, como en un día luminoso. Su orientación estaba exhibida en una ancha banda de números sobre la línea del horizonte, su ruta de vuelo proyectada como una carretera resplandeciente que conducía hacia el infinito.

"Un débil zumbido arriba y detrás de él, hacia la izquierda, informó al piloto... que su 'enemigo'... se estaba aproximando...

"El piloto echó una mirada al sistema de armas que necesitaba y levantó la mano izquierda. Diminutos dispositivos, cosidos en las puntas de los dedos de sus guantes resistentes al fuego, dieron señales que fueron rastreadas por su asociado de vuelo. Cuando 'empujó' un botón fantasma en el display virtual, se oyó un click y una leve presión en la punta del dedo confirmó al piloto la selección. A cualquiera que observara, la parecería que estaba escudriñando el aire enrarecido."

El programa de la Supercabina no es un guión; es el nombre reciente de un programa de investigación de larga duración, auspiciado por la Fuerza Aérea de Estados Unidos. No estaba destinado a asistir a cirujanos en aventuras microtelerrobóticas, ni a ayudar a las teorizaciones de los farmacéuticos, sino a aumentar el número de sobrevivientes entre los pilotos de combate que volaban en aviones de altas prestaciones.

Conviene recordar que la simulación del entrenamiento con aviones era una de las fuerzas conductoras de la tecnología de RV y continuó estimulando el desarrollo de la simulación en base al grafismo computerizado. No es investigación "pura" cuando están en juego una vida humana, cien millones de dólares de equipamiento y el resultado de una guerra. La idea de la Supercabina evolucionó durante dos décadas de auspicio de la Fuerza Aérea, sencillamente porque un display virtual de la mejor calidad es el cuadro más útil en el mundo para un ser humano que está pilotando una gran cantidad de explosivos de gran poder, a velocidades supersónicas, y tomando decisiones de vida o muerte en fracciones de segundo, basados en informes de sensores de radar, prestando atención a una veintena de displays de instrumentos igualmente vitales, escuchando informes sobre el estado de los sistemas y de las comunicaciones al mando, todo al mismo tiempo.

De los simuladores de vuelo a los simuladores personales

"¿Cómo se puede entrenar a los pilotos para tareas tan complejas sin que se maten durante ese proceso? La solución preferida, introducida du-

rante la Segunda Guerra Mundial, consiste en el simulador de vuelo, en el cual el piloto puede practicar muchas tareas de vuelo mientras está sentado, sin correr peligro en el cielo. Puede incluso practicar reacciones ante sucesos improbables, sobre todo los que podrían conducir al desastre.

"... Las pérdidas en el combate están concentradas casi con exclusividad entre pilotos con cinco o menos misiones de combate; si sobrevive a la quinta misión, la probabilidad de sobrevivir a las restantes es más del 95 %, al margen de la cantidad de misiones adicionales en que volará. Esas cifras indican que si a todos los pilotos se les diera el equivalente de cinco misiones de combate antes de enfrentarse con el enemigo, las pérdidas podrían reducirse a un mínimo de modo drástico, alterando tal vez el resultado del cometido o de la guerra."

RALPH NORMAN HABER
Flight Simulation, 1986

Los pilotos de la Segunda Guerra Mundial recuerdan el Link. Entraban en un hangar y allí solía estar un aeroplano seccionado, apenas una cabina armada sobre una plataforma móvil. En su interior estaba el primer simulador de vuelo, uno de los antecedentes históricos clave de la RV. El piloto trepaba adentro, presionaba el botón de encendido, tomaba la palanca y sentía cómo la cabina se inclinaba y se balanceaba, hasta vibraba en respuesta a sus acciones. En cierto sentido, el ciberespacio es la intersección de la estereoscopia y la simulación. En cuanto a las realidades virtuales, son simulaciones que atraviesan los mundos virtuales; el entrenador Link debe ser puesto en la lista de los ancestros de los sistemas ciberespaciales. Mientras una tecnología convergente avanzaba para colocar a la gente en mundos generados por computadora, otra tecnología diferente se desarrollaba a fin de crear esas simulaciones.

El entrenador Link, usado durante la Segunda Guerra Mundial, era una réplica de tamaño natural de una cabina de un avión a hélice, montado sobre una pequeña plataforma móvil. Un individuo llamado Link patentó su original diseño en 1929. Siendo un diseñador de órganos de tubos y de pianolas de aire comprimido, Link usó dispositivos del tipo fuelle para hacer cabecear, balancear, desviar y girar el simulador cuando el piloto moviera los controles. (En Londres, sesenta años más tarde, un tal Jim Hennequin recogió otra vez el guante neumático con sus prototipos de plataformas móviles de aire comprimido y guantes de reacción táctiles neumáticos.) Inclinando la cabina se simulaban ladeos, giros, subidas y picadas y hasta turbulencias. Resortes y otros mecanismos imitaban la sensación que se tiene al mover la palanca.

Los aprendices de piloto se metían en la cabina y aprendían a usar los controles para maniobrar el aeroplano. Al mover la palanca de mando se activaban los controles de la plataforma móvil en sincronía con el display visual primitivo, que mostraba, en los primeros modelos, una simple línea de hori-

zonte que se desplazaba cuando el avión simulado se balanceaba o desviaba. Los sonidos de los motores se transmitían a través de altavoces. Los simuladores Link dieron a los pilotos novicios una sensación de cómo se manejan los aeroplanos sin el riesgo ni el gasto de acreditar horas en el cielo. En simuladores de entrenamiento más complejos, se empezaron a usar proyectores de películas múltiples con proyección posterior en múltiples pantallas donde debiera estar el parabrisas. Las tecnologías de aviación y de diseño aeronáutico, impulsadas por la guerra, proporcionaron los estímulos para crear simulaciones vívidas que podían ser "pilotadas" por un operador.

Después de la guerra, la industria aeronáutica, así como la Fuerza Aérea de Estados Unidos, siguieron desarrollando, refinando y expandiendo la tecnología que había surgido del simulador Link. Los aviones militares se hacían más rápidos, más complejos y, con los armamentos termonucleares, los riesgos de combate aéreo aumentaron bruscamente. Al mismo tiempo, la industria aeronáutica comercial experimentaba un rápido crecimiento. En ambos casos, la simulación permaneció tanto más barata y menos peligrosa que el entrenamiento en el aire, que la tecnología del simulador avanzó con los otros aspectos de la aviación. Las plataformas móviles y los servocontroles estaban al día después de la guerra, pero para mejorar el elemento visual de la simulación —avivando la visión desde la cabina— había que esperar el advenimiento de las videocámaras. El video, a diferencia del filme, no necesita ser revelado, se puede mirar lo que la cámara toma cuando lo hace. El alba de la era de la televisión coincidió con los primeros años de la simulación de vuelo. Cuando aparecieron al primeras videocámaras, se las acopló a los controles de un simulador de vuelos, y la vista a través del parabrisas la proporcionaba una proyección de alta calidad de una videoimagen. Usando los juegos en miniatura promovidos por Hollywood, fue posible manejar las cámaras en tándem con los mandos del piloto sobre un paisaje en miniatura. Se construyeron modelos físicos elaborados de portaaviones, pistas de aterrizaje y diversas clases de terreno. Se puede confeccionar a escala un modelo de 10 × 20 metros para representar una superficie de unos 15 kilómetros cuadrados. Áreas geográficas más grandes pudieron ser modeladas, pero sólo con un nivel de detalle visto desde gran altura.

La vista de televisión de un paisaje simulado en combinación con la plataforma móvil les dio a los pilotos una mayor sensación de realismo, y resultó claro que al incrementar el realismo del display visual se podía aumentar marcadamente la eficacia del entrenamiento por simulación de vuelo. Colocando pantallas enfrente y a los costados del campo visual del piloto, fue posible transmitir la ilusión de inmersión en el mundo simulado sin usar un display de cabeza. Evans y Sutherland llegaron en 1968, y las simulaciones gráficas de computadora empezaron a reemplazar los displays visuales de cámara y modelo en los entrenadores de vuelo. Aunque los displays de cámara y modelo siguen usándose, el grafismo generado por computadora ha sido la corriente principal de la tecnología de la simulación durante décadas.

Los programadores gráficos que construyeron simuladores para los aviones jet de combate, cada vez más complicados, de las décadas pasadas, se vieron enfrentados con la preponderancia que había que darle al dinamismo o al detalle impuestos por las restricciones computacionales. Desde que Sutherland creyó necesario crear el divisor seccionador y el multiplicador de matrices, la intensidad de los cálculos requeridos para crear displays de gráficos detallados rápidamente cambiantes ha planteado un problema; para presentar una lista detallada de un mundo o un objeto, la cantidad de cálculos requeridos de la computadora es muy grande, y si las imágenes del display se mueven con mucha rapidez, la carga de cómputo es igualmente fatigosa; se pueden ver hojas en un árbol sólo si se vuela lento y bajo. La tecnología de las simulaciones generadas por computadora parece estar destinada a seguir enfrentando el detalle contra el dinamismo, para un futuro previsible, por más rápido que evolucionen las tecnologías habilitantes, porque tan pronto como el hardware tenga la potencia necesaria para hacer displays más detallados, la gente querrá que los displays cambien con más rapidez, y viceversa.

Furness procura concebir una tecnología de display que ni siquiera existe todavía y que suena bastante alarmante a alguien que como yo no es ingeniero y millones de otras personas que no están ansiosas por dejar que los láser le brillen directamente en los globos oculares. Pero tal vez podría probarlo si Thomas Furness lo hace primero.

—Mire esto —dijo él mientras hablábamos en su oficina de Seattle.

Sumergió la mano con cuidado en una de las pocas cajas que había abierto. Un container muy bien acolchado contenía algo que parecía un tuvo de ensayo plateado. Me alcanzó el contenido; una prueba genuina de confianza, me dí cuenta, cuando vi lo que era. El cilindro de vidrio tenía unos diez centímetros de longitud y un diámetro algo mayor que el de una moneda. No se ven todos los días tubos de CRT hechos a mano.

—Su pantalla de televisión normal explora algunos centenares de líneas. Este CRT en miniatura explora *dos mil* líneas. Usted tiene un solo color, pero se sorprendería del nivel de detalle —me explicó mientras que yo sopesaba el delicado y costoso adminículo en la mano.

"Y eso sería lo mejor que se pueda conseguir con los CRT en miniatura —agregó él.

Furness empezó a trabajar en displays visuales para los militares en 1966, cuando la Fuerza Aérea comprendió por primera vez que el principal problema en el entrenamiento de los pilotos estaba relacionado con el instrumental que venía con la moderna electrónica de aviación. Todos esos medidores y diales e indicadores relacionados no solamente con la velocidad del aire y la posición y la presión del aceite, sino con el radar del enemigo, las medidas electrónicas preventivas, los sistemas de armas se volvían demasiado complejos para los seres humanos que los operaban. Un piloto de F15 tenía que ser tan ágil para dominar la punta de sus dedos en los nueve botones de su palanca de control, que esa tarea se conoce como "tocar la flauta". Los aviadores no

sólo luchaban con la gravedad y el enemigo; luchaban con la complejidad de sus propios aviones. Furness empezó a comprender que los pilotos ya estaban operando en una realidad artificial aun cuando los pilotos más viejos, que eran responsables de la distribución del dinero de investigación, parecían estar apegados a los antiguos "manómetros" de presión de vapor que usaban para informar las percepciones y opiniones de los pilotos.

Como otros que fueron seducidos por el genio de Ivan Sutherland, Furness empezó a orientar su investigación sobre factores humanos hacia una nueva tecnología que acoplar a los sistemas perceptuales de los pilotos con mucha mayor eficiencia que los displays de información de las aeronaves. En 1982, Furness y sus colegas, sobre todo Dean Kocian, produjeron el primer modelo del VCASS (Simulador de sistemas aéreos acoplado visualmente) que funcionaba. Al exponer diapositivas en su curso sobre mundos virtuales, donde estuve con él en 1989, Furness dijo las palabras que estaban en nuestras mentes en el momento en que mostró el primer prototipo de VCASS: "Desde luego, todos llamaron a ése el casco de Darth Vader". En verdad, el enorme casco negro sin ojos parecía provenir de una película de George Lucas.

Dentro del casco, los pilotos empezaron a experimentar la visión de un vuelo físico, proporcionada por un simulador de vuelos. En lugar de mirar a través de un parabrisas físico, los pilotos veían un "mapa" sintético tridimensional del territorio que sobrevolaban, proyectado sobre su campo visual mediante diminutos CRT y espejos. El panorama de abajo podía parecer de historieta, pero las características eran bastante reales y estaban basadas en un modelo digital detallado de los mapas del Departamento de Defensa (una "base de datos terrestres almacenados") y sincronizado con un radar de tiempo real. La tecnología FLIR (infrarrojos orientados hacia delante) proporcionaba una descripción visible del ambiente aun de noche. Dondequiera que orientara su cabeza el piloto, los sensores de posición del VCASS apuntaban a los sistemas de electrónica para que atravesaran la capa de nubes y la oscuridad de la noche, los dos viejos enemigos de los aviadores. Los radios de acción de las batería de misiles antiaéreos, indicados en los mapas, o los seguimientos automáticos de radar que fueran detectados por la electrónica de los aviones estaban representados por grandes burbujas rojas, o "zonas letales". Según las ilustraciones que Furness tenía todavía, el VCASS era como estar en el interior de un videojuego de tamaño natural durante una refriega aérea. Las rutas de vuelo proyectadas a escala y velocidad corrientes eran visibles como túneles en el cielo. Todos los gráficos estaban presentados estereoscópicamente en tiempo real, con dispositivos ópticos y CRT montados en la cabeza.

La sola idea de llevar puesto un panel de instrumentos tridimensional en lugar de mirar un tablero plano era un cambio total desde los días de las bufandas de seda y las cabinas abiertas. Las sensibilidades de los aviadores, sus reacciones viscerales a herramientas totalmente nuevas, eran un elemento vital en el desarrollo de esa tecnología. Lo primero que hicieron Furness y sus colegas fue calibrar el equipo hasta que estuvieron seguros de que funcionaba.

Lo que hicieron luego fue probarlo con pilotos fogueados en combate, para ver si les gustaba o no. Y si a los pilotos experimentados les gustaba, quizás tendrían la posibilidad de obtener más fondos, aun cuando el proyecto debía recorrer un largo camino hasta que se pudiera encarar un sistema operativo. Si a los pilotos experimentados no les gustaba el aspecto, el sonido y la sensación que les producía el VCASS, el programa estaba muerto.

Como recuerda Furness: "Esos primeros pilotos eran bastante escépticos antes de colocarse el casco, pero cuando nosotros encendíamos el mapa del terreno, solían decir 'Ah, qué bonito', y luego les hacíamos arrancar y volar y ellos decían entonces: 'Es *realmente* bonito'. Luego les palmeábamos el hombro y les pedíamos otra moneda". A los pilotos les gustó. El proyecto entró en su fase siguiente: reunir suficiente información sobre factores humanos para saber cómo construir un sistema más eficiente.

—Lo primero que se descubre, cuando se empieza a mirar cómo actúan los humanos en el mundo, es que son seres especiales —me decía Furness, le decía a su clase, lo sigue diciendo en sus conferencias y publicaciones—. Tenemos dos ojos para la visión estereoscópica, dos oídos para la localización acústica, dos sistemas visuales.

Con respecto a los dos sistemas visuales, Furness observaba que el centro de la atención visual, la zona fóvea, reúne información detallada sobre la forma y el modelo haciendo muchas fijaciones oculares rápidas. La retina periférica reúne información menos detallada y es sensible a los cambios repentinos en el ambiente, señalando a menudo al sistema de enfoque central el cambio de dirección de las fijaciones focales. En una comunicación a la Society for Information Display en 1988, Furness observó: "Se cree que estos dos sistemas visuales operan en paralelo usando centros de procesamiento diferentes en el cerebro. Un ejemplo que uso para describir la operación simultánea de los sistema focal y ambiental es el hecho de que la mayoría de nosotros puede caminar por una acera mientras que lee un libro y seguir manteniendo su orientación espacial (es decir, manteniéndose en la acera)". Si él procuraba encontrar una comparación técnica entre un sistema de display y lo que ellos habían aprendido acerca de la percepción espacial humana, no podía haber encontrado una idea más perfecta que la de HMD, que había estado flotando en círculos alrededor de la informática desde finales de los años 60. La inmersión en un videojuego tridimensional podía ser una interfaz de control más natural que un panel lleno de instrumentos.

Los simuladores atrajeron también a los psicólogos, porque el conocimiento de la forma en que operan las percepciones humanas es fundamental para el diseño de los simuladores. ¿Qué relación hay entre el tamaño del campo visual y la "realidad" percibida de la simulación? ¿Cuán grande debe ser la resolución del display para transmitir una sensación de presencia? ¿Cuál es la distancia focal óptima para colocar un display de simulador? Las esmeradas investigaciones y las mediciones precisas requeridas por los "factores humanos" de la simulación, y que pagan la Fuerza Aérea, la NASA y otros que la

necesitaban para tareas vitales, crearon también un conjunto de conocimientos sobre cómo se puede inducir a los sentidos humanos a aceptar versiones virtuales del mundo físico. Los científicos cognitivos, que empiezan a considerar el "interior" del ciberespacio —la parte que reside en nuestros cerebros y cuerpos en lugar de los displays o de las máquinas informáticas—, tienen un rico acopio de conocimientos que pueden guiar su investigación, gracias al componente de factores humanos de la simulación de vuelo. En verdad, uno de los motivos para que la NASA promoviera su compromiso con la RV en la década de los 80 surgió de la necesidad que tenían los investigadores de los factores humanos de reunir información más precisa sobre la experiencia de la *telepresencia*: la experiencia psicológica que resulta cuando la tecnología del simulador funciona suficientemente bien como para convencer a los usuarios de que están inmersos en mundos virtuales.

Los displays de mundos virtuales montados en la cabeza, del mismo tipo que habían demostrado en Utah Sutherland y su colegas, y que Brooks y otros estaban aplicando a la modelación científica en la UNC, también era una respuesta perfecta al problema de la interfaz en la aviación. Ya por el año 1969, Furness financió una pequeña empresa llamada Polhemus Navigation Systems, que posteriormente fue comprada por McDonnell-Douglas Aircraft. Usando un display visual estereoscópico dirigido por la mirada, y un display acústico tridimensional de mucha precisión acoplado con displays táctiles, control por computadora operado por la voz y tecnología de rastreo de la mirada, el VCASS y sus sucesores demostraron cómo era posible usar las habilidades humanas y de navegación espacial más desarrolladas para pilotar un avión de combate de alto rendimiento. Nuestros sistemas biológicos de comando, comunicación y control evolucionaron en millones de años hacia una gran eficacia en la ejecución de tareas más o menos iguales a la que enfrentan a los pilotos de combate de los jets: localizar blancos, evaluar amenazas, hacer cálculos balísticos, conocer el momento exacto para lanzar las armas y la dirección para apuntarlas. La precisión espacial del oído humano se desarrolló durante largo tiempo. No es casual que podamos detectar una diminuta mancha de rojo en el rincón de nuestro campo visual, o dormir durante una tormenta pero despertarnos por un leve crujido de una tabla en el piso o la rotura de una rama. Si Furness tenía razón, los pilotos se habituarían al control virtual de una manera natural como extensiones de los instintos de cazadores.

A los pilotos les gustó realmente. Les gustó aún más cuando se agregó el rastreo de la mirada y el comando de la voz. Cuando los sistemas de radar verificaban un blanco, aparecía un símbolo en el campo visual del piloto y sus propios mecanismos de atención lo enfocaban. Mirando sencillamente un blanco, evaluando la información codificada en su forma, color, posición, velocidad, emisión de la palabra apropiada —"bang", por ejemplo—, los pilotos pudieron aprontar sus sistemas nerviosos directamente contra el enemigo sin la mediación de la lectura de un dial o la ejecución de la flauta. El piloto, liberado de la sobrecarga física de ser una orquesta de un solo hombre, sólo semi-

consciente a veces, en un combate supersónico, sometido al efecto de las fuerzas G en su cerebro, podía dedicar toda su atención a hacer lo que los humanos hacen mejor: detectar modelos, hacer evaluaciones, percibir sutiles cambios de contexto. Los pilotos estaban entusiasmados con la versión "mira y dispara" de VCASS. Se proporcionaron más fondos para las etapas siguientes. En 1986, se le llamó programa Super Cockpit.[1] Se desarrollaron nuevos cascos, usando espejos semiazogados para crear superposiciones virtuales con las cabinas físicas, fibras ópticas para proveer displays visuales de alta resolución, costosos pero eficientes, y sistemas acústicos tridimensionales. Se diseñó un guante que usaba actuadores piezoeléctricos vibrotáctiles (cristales diminutos que vibraban cuando los estimulaba una corriente eléctrica). El primer prototipo de guante táctil fue algo así como un disparador.

El doctor Furness (recibió su doctorado en ingeniería y ciencia aplicada en la Universidad de Southampton, Inglaterra) nunca limitó su imaginación, en lo que respecta al potencial de la tecnología de RV, a las aplicaciones militares solamente. Él sabía que las máquinas de la realidad no estaban limitadas a las aplicaciones militares como lo estaba la ENIAC, la primera computadora electrónica digital, destinada a los cálculos balísticos para los que la creó el Ejército de Estados Unidos. Tanto las aplicaciones civiles como militares requerían lo que él llamaba un "generador de mundo virtual", que recibe y procesa la información para mantener un mundo virtual y para presentarlo al operador humano. En un avión, las fuentes de entrada al generador del mundo virtual son las bases de datos digitales del terreno, el radar y los sensores de infrarrojos, la posición de los ojos del piloto y la cabeza. En un sistema no militar son importantes el rastreo de ojo y de la cabeza, y el operador está más móvil que el piloto, pues este último está encerrado en su posición en el asiento. En ambos sistemas, militar y civil, el generador del mundo virtual debe crear las señales para presentar displays visuales, auditivos y táctiles al piloto u operador.

La otra categoría general de los sistemas de RV que vio Furness como un elemento común de las aplicaciones militares y civiles es lo que él llama el "mindware",[2] los sistemas que vuelven útil la RV para un piloto de guerra o un parapléjico, un químico farmacéutico o un arquitecto. Como Frederick Brooks, Furness siempre creyó en los problemas conductores, las aplicaciones prácticas que proporcionan un foco para la investigación y un motivo para el desarrollo comercial.

—En 1986 y 1987, empecé a recibir llamadas telefónicas de las personas que habían leído acerca de mi investigación y deseaban saber si podían aplicar los ambientes virtuales a los problemas relacionados con sus propios campos —recordaba Furness en 1990—. Los que trabajan con pacientes con parálisis cerebral se preguntan si la RV, gobernada por la lengua, podía liberar las

1. El programa de la supercabina. *(N. del T.)*

2. Equivalente a "intelecto", o "sistemas mentales". *(N. del T.)*

mentes atrapadas en cuerpos que no funcionaban. Los bomberos querían saber si un HDM podía dirigir a un bombero robot a través de un edificio en llamas. Los anestesiólogos deseaban tener un método mejor para recibir signos vitales de todos los instrumentos que tenían que controlar; así, resulta que el teatro del quirófano se vuelve algo parecido a la cabina de un jet.

En el verano de 1989, Furness llegó a la conclusión de que la importancia de la tecnología era demasiado grande como para limitarla a las aplicaciones militares. Empezó a empaquetar sus documentos antes de que yo tuviera la oportunidad de visitarlo en Wright-Patterson. Corrían rumores de que se incorporaba de algún modo al negocio de la RV. Cuando por fin reapareció, se había mudado a Seattle. El estado de Washington, junto con la universidad del mismo nombre, había inaugurado el Washington Technology Center, una institución híbrida para alentar la colaboración entre la investigación académica y el desarrollo comercial, una versión del Pacífico Noroeste del tipo de sociedades que habían dado tanto éxito a Silicon Valley y a Route 128 de Boston. En noviembre de 1989, el Washington Tecnology Center anunció la fundación de una nueva institución miembro, la Human Interface Technology Laboratory. El doctor Thomas A. Furness III fue el director fundador. Se le dio un presupuesto, algunos edificios y una cátedra y la consigna de empezar a hacer tratos con las industrias locales para desarrollar el mindware apropiado. Empezó por contratar a algunas personas interesantes. Por ejemplo, William y Meredith Bricken. Y Robert Jacobson, a quien yo había conocido en las discusiones sobre política informática de Well.

Cuando Furness habló la primera vez acerca de su programa para HITL, pude ver por qué mi propuesta para iniciar un grupo de noticias Usenet fue tan bien recibida.

"Queremos establecer una base de conocimientos nacional referente a ergonomía, tecnología y aplicación de interfaces virtuales", escribió él en su primer memorándum dirigido al personal de laboratorio recién incorporado. Una vez que abrió sus cajas, Furness tenía una de la bibliotecas más completas sobre los aspectos de factores humanos en los sistemas virtuales. Parte de su trabajo para la Fuerza Aérea estaba relacionada con la formación de una base de datos sobre factores humanos: Furness tenía presente formar para HITL una bibliografía, una biblioteca central para los informes de investigación basados en artículos, que él había reunido y una base de datos computerizada, todo lo cual sería puesto a disposición del público. La propuesta del servicio de noticias agrupadas encajó justo con las ambiciones de Furness de transformar a HITL en un centro de distribución de información para la investigación de los mundos virtuales y para estimular la aparición de una verdadera ciencia de investigación de RV. Con este fin, la meta siguiente era confeccionar las herramientas para medir ese componente tan importante pero igualmente no cuantificable de la RV que es la verosimilitud de los mundos. ¿Cómo se hace para medir una realidad?

La idea era lograr que los programadores empezaran a crear un sistema

operativo para concertar diversas operaciones en un generador de mundos virtuales y diseñar ese software "máster" de tal manera que pudiera usarse con diferentes clases de hardware. Si se pudiera disponer ampliamente y sin cargo de un software creado con tanto esmero, serviría para estimular tanto la ciencia como la plaza de un mercado para la RV. Al mismo tiempo, HITL empezaría a desarrollar medidores de posición mejores, mejores y más baratos dispositivos para el rastreo de los ojos, crearía un microscanner de láser, un mindware para ayudar a la gente discapacitada. En la Fuerza Aérea y en el planteamiento de la investigación civil, Furness tenía la costumbre de pensar en grande.

—Tenemos muchos problemas difíciles para resolver —admite él—. Nosotros no comprendemos las dimensiones de los factores humanos en el espacio virtual. No sabemos cómo medir la apariencia de realidad del mundo virtual. A excepción de las versiones militares más costosas, los displays virtuales carecen de la resolución suficiente para las presentaciones en campos visuales amplios. Los sensores de posición deben ser mejorados. Las máquinas de grafismo son inadecuadas. Los cascos sobre la cabeza, demasiado pesados. Hay exceso de cables. No hay arquitecturas ni herramientas de software para sostener el desarrollo y la aplicación futuros de los mundos virtuales. Todo el sistema es demasiado costoso. Carecemos de formas interdisciplinarias para discutir la investigación de los mundos virtuales.

Enumeró los problemas con mucho entusiasmo, considerando el hecho de que sus laboratorios de interfaz humana todavía tenían que conseguir equipos informáticos. Por cierto, la semana en que estuve allí vi una parada decepcionante cuando los representantes de NEXT, la empresa de computadoras de Steve Jobs que siguió a Apple, informó a Furness y sus colegas que ellos no podían donar media docena de sus estaciones de trabajo más nuevas sólo porque la RV era el frente más apasionante en el universo de las computadoras. Pasé parte de la semana que estuve en Seattle sentado en un rincón mientras la gente de HITL se enfrentaba con el hecho de que tenía un presupuesto para el arranque grandes proyectos y hasta ese momento ninguna promesa concreta de financiación a largo plazo.

La idea era organizar un consorcio formado por empresas que contribuyeran con dinero y recursos informáticos y que recibieran a cambio una participación en los primeros resultados de la investigación. Algunos miembros del consorcio tendría proyectos específicos de *mindware* que crearían los asociados de HITL. Como lo declaró apasionadamente en la conferencia de Santa Bárbara, Furness está dedicado a "transformar sus espadas en rejas de arado", de modo que uno de sus primeros pasos fue contratar a Suzanne Weghorst, una analista de sistemas biomédica para trabajar en prototipos de prótesis virtuales. El proyecto se llamo al principio Advanced Adaptive Aids y los primeros productos se planearon para ser aulas virtuales destinadas a los discapacitados tanto en el aspecto físico como en el aprendizaje. De hecho, Furness pasó algún tiempo haciendo antesala para conseguir apoyo en Washington y logró entusiasmar al secretario de educación, Lauro Cavazos, sobre el plan. "Realmen-

te está apasionado con las posibilidades", dijo Furness a la periodista Denise Caruso. Pero los fondos habrían de venir de otras fuentes.

Entre los primeros proyectos de HITL, había otro con fines más comerciales, pero también era un intento fascinante para aumentar la comunicación intercultural. "Usted debería hablar con Cecil Patterson en el puerto de Seattle", me dijo Furness cuando hube mirado alrededor y observado que sus planes eran extraordinarios, pero yo seguía buscando algo que hiciera realmente y cuya magnitud justificara el apoyo que les brindaba el Washington Technology Center. De manera que viajé a Capitol Hill temprano por la mañana y estacioné a la orilla del Puget Sound. Ahí estaban los proyectista para uno de los puertos marítimos más importantes del mundo, que se volvía más importante como pórtico de salida y entrada a las islas del Pacífico. "Sí —me aseguró Patterson cuando le hablé—, realmente queremos usar la realidad virtual para proyectar futuros cambios en el puerto de Seattle."

La oficina de los sistemas informáticos del puerto de Seattle es un lugar de mucho movimiento. Nos encontramos en una sala que daba sobre otras. Había estaciones de computadoras (workstations) en los escritorios de la gente, pero por lo demás se parecía a cualquier otra oficina. La maquinaria pesada de computación tenía su propia zona. Patterson, el director de los sistemas de información para el puerto, confirmó que Furness estaba ansioso por probar un sistema de RV para el planeamiento del puerto. Patterson adujo dos razones para gastar el dinero del puerto en proseguir con los modelos de RV. Primero, él ve la construcción de modelos de RV como una especie de máquina de "¿qué ocurre si?" para el CAD, así como las planillas electrónicas son máquinas de "¿qué ocurre si?" para el pensamiento financiero. Este proceso se llama también modulación dinámica de la simulación, el arte de crear una simulación con ciertas reglas internas, luego hacer pasar la simulación por diferentes situaciones para ver cómo reacciona todo el sistema. Los simuladores de vuelo, diseñados para ayudar a entrenar pilotos, convergieron en el ciberespacio desde una dirección. La modelación aerodinámica, que más tarde formaría parte de un campo interdisciplinario de visualización científica; era una herramienta de computadora, usada por los que diseñaban los aviones que aquellos aviadores pilotaban.

El elemento común a la simulación y la modelación es el acto de crear un modelo de un sistema real en forma de un programa de computadora. Si se usa como un simulador o un modelo, depende del efecto que se desea obtener manipulando el modelo de la computadora: si se desea *experimentarlo* desde el interior u *observarlo* desde afuera. La simulación, tal como se da en los simuladores de vuelo y los ciberespacios, entraña el uso de ese modelo generado por computadora para convencerse de que uno está en otra parte: busca un efecto perceptivo. la modelación y la simulación que crea un modelo matemático de un ala de avión o un sistema cardiovascular, lo somete a varios *tests* para ver cómo se comporta; es una herramienta cognitiva para ayudar a las personas a comprender sistemas complejos. Simular un vuelo es reproducir la ex-

periencia de volar en un aeroplano; simular el ala de un aeroplano es una manera de observar cómo se comporta en diferentes condiciones. Un modo de empleo es una herramienta para aprender cómo debe manejarse algo, el otro es una herramienta para comprender cómo funciona algo. Y en los sistemas de educación del ciberespacio de mañana, ambas herramientas serán capacidades de los mismos micromundos.

—Los diseñadores comprenden las representaciones de los diseños en una pantalla de computadora mucho mejor que sus clientes —me dijo Patterson.

Estaba de acuerdo con Frederick Brooks y John Walker en que la mejor manera de descubrir qué opina de un diseño tridimensional, sea usted un diseñador o la persona que usa la estructura diseñada, es caminar a su alrededor y manipularlo. Cuando los ingenieros, planificadores, arquitectos, contratistas y clientes importantes empiezan a hablar de planes a largo plazo, hablan de proyectos de miles de millones de dólares. Cualquier dispositivo que pueda facilitar la comunicación entre los que planifican semejante proyecto vale lo que cuesta. En la escala en la que piensan los proyectistas del puerto, el precio de un sistema de RV es un regalo. Seis meses más tarde, cuando almorcé en el Shell Center, en Londres, con uno de los estrategas del planeamiento, manifestó un gran interés por los modelos de RV de refinerías, precisamente porque la Shell ya gasta grandes cantidades de dinero en modelos físicos. Un buen modelo físico es una herramienta para pensar y un dispositivo de comunicación que cobra valor cuando es usado por un grupo de personas que organizan algún tipo de estructura espacial, tridimensional, como un edificio o un puerto.

Patterson ve a un grupo de proyectistas entrando en un modelo de una nueva dársena en el ciberespacio. Si alguien en un modelo de dársena virtual desea saber qué aspecto tendría la estructura si se la desplazara a unos ocho metros o a un kilómetro, es posible extender la mano, tomarla, levantarla y desplazarla. Ahora bien, si todos los proyectistas pudieran estar ahí juntos, mediante algún tipo de telepresencia telecomunicada, podría ahorrar gastos de transporte y de comunicación, así como recuperar su inversión de RV, multiplicada, eliminando costosos malentendidos.

La segunda razón que tenía Patterson para querer explotar el planeamiento del grupo y las propiedades de toma de decisión del CAD de la RV tiene, en mi opinión, un alcance mucho mayor que su intención de usarlo como herramienta de proyecto. La mayoría de los clientes más grandes del puerto, aquellos que participan en las etapas del proyecto de las nuevas instalaciones de cientos de millones de dólares, son japoneses, chinos, coreanos y otros para quienes el inglés no es la lengua materna. Patterson piensa que los malentendidos, demoras y costos causados por la barrera lingüística podían mitigarse si los ingenieros, proyectistas y clientes de ambos lados del Pacífico pudieran observar versiones de RV de la construcción propuesta durante cada etapa de la ejecución del proyecto. De esa manera, aun cuando la barrera del lenguaje hablado permanezca, los modelos mentales pictográficos de lo que se proyec-

ta estarán mucho más de acuerdo. Cuando el tema de conversación es un objeto tridimensional, las semejanzas y las diferencias entre sus modelos mentales pueden variar mucho dentro de un grupo. Cuando los miembros del mismo grupo caminan alrededor del mismo modelo físico mientras conversan al respecto, sus modelos mentales, según opina Patterson, son probablemente mucho más similares.

Durante 1990, Furness y Jacobson siguieron encontrando otros socios para el consorcio y consiguiendo máquinas informáticas que necesitarían para su investigación y desarrollo. Y William Bricken inició las especificaciones de la programación que estaba ansioso por empezar tan pronto como llegara el hardware: el diseño de un sistema operativo de mundos virtuales, un programa máster que pudiera hacer funcionar cualquier computadora de suficiente potencia transformándola en una máquina de la realidad. Un año después de mi visita, parecía que el laboratorio de HIT por fin estaba a punto de arrancar; había contratado a US West, una de las empresas operativas de Bell, el puerto de Seattle, Alias, la DEC (Digital Equipment Company) y la VPL Research. Bricken había terminado con los protocolos para VEOS, el Sistema operativo del ambiente virtual que el laboratorio HIT proyectaba donar a la causa de la investigación de la RV. Se sometió a la consideración del National Institute of Standards and Technology una propuesta para desarrollar el microscanner de láser, mientras que Jacobson proclamaba que "hemos encontrado dos genios en el campus, en los temas de semiconductores compuestos y microsensores, que nos ayudaron a crear un proyecto para el prototipo".

El HITL parece avanzar en su compromiso de servir también como una cámara de compensación informática. La ciencia de los mundos virtuales continuó floreciendo, extendiendo las teorías de las estructuras de datos ciberespaciales e intercambiando proyectos para construir sistemas baratos, informando sobre nuevos algoritmos o inventos ópticos, especulando sobre el modo de materializar las fantasías. La última vez que me informé, la National Science Foundation pedía al HITL el plan de una conferencia sobre la ciencia de la virtualidad, Furness se reunía con Robert Prior, del MIT, para editar una revista de RV que se titularía *Presence* y cuyos directores serían Furness y Durlach, del MIT, y la DEC entregaba la potencia informática que quería Bricken en forma de una red de workstations interconectadas de alta eficiencia. Todo estaba al día. Verificaré la situación en un par de años, porque ése es el tiempo que necesitarán para construir los sistemas de hardware, software y mindware, y luego para probarlos, aplicarlos a los problemas de los clientes del consorcio y medir su eficiencia. Debería hacer algunas presentaciones dentro de unos meses. Uno de los aspectos positivos importantes de la sumamente limitada disponibilidad de equipos de RV reside en que las personas que vieron las primeras versiones primitivas constituyen una población pequeña. Mientras que el precio de acceso empieza a caer lo suficiente como para que más personas experimenten el ciberespacio, el nivel de la realidad va subiendo mes a mes.

El mundo no carece de fuerzas capaces de impulsar el desarrollo de una industria de la realidad en los años 90. En los grupos marginales están los pequeños empresarios y los fabricantes domésticos, que harán su aparición en un capítulo posterior. En el otro extremo de la escala están las corporaciones de computadoras y de comunicación gigantescas, que no prestan mayor atención a los fenómenos marginales hasta que éstos parecen adquirir dimensiones suficientes como para ser atendibles pero que pueden destinar considerables recursos a una meta tecnológica cuando hay acuerdo al respecto. Descubrí que han estado trabajando en tecnologías de RV empresas flamantes, multimillonarias, durante varios años, acumulando una importante fuerza de investigación y desarrollo. Se forman consorcios. El gobierno y las grandes empresas están empeñadas en desentrañar la importancia que tiene para su estrategia de los años 90 la investigación y el desarrollo de la RV. He visto con mis propios ojos las impresionantes primeras etapas de este esfuerzo combinado de investigación y desarrollo de la RV. Lo sorprendente es *dónde* lo vi.

10

Artefactos ingeniosos y políticas industriales

"En la mitología popular, la computadora es una máquina matemática: está destinada a efectuar cálculos numéricos. Sin embargo, en realidad, es una máquina del lenguaje: su poder fundamental consiste en su capacidad para manipular elementos lingüísticos, símbolos a los cuales se les ha asignado un significado."

TERRY WINOGRAD
Scientific American, 1984

"Hace algunos años, cuando uno de los amigos de mi hijo lo llamaba por teléfono, solía preguntar '¿Está Mikey aquí?'. Conociendo las realidades geográficas, los adultos suelen pensar en la comunicación como en la transmisión de información de un punto a otro. Los niños, por el contrario, creen que si hablan con alguien deben estar en el mismo lugar. En otras palabras, nuestro concepto de 'lugar' se basa en la capacidad de comunicarnos. El lugar creado por el acto de la comunicación no es necesariamente el mismo que en los extremos de la conexión, porque hay información en cada extremo que no se transmite. El 'lugar' se define por la información disponible comúnmente para ambas personas.

"Hay una tendencia definida a expandir el sentido de estar en el mismo lugar. Lo podemos ver en el desarrollo de los sistemas de transmisión desde el código Morse hasta el teléfono, la radio, la televisión en blanco y negro y por fin la televisión color. Cada uno de esos sistemas de difusión y propagación nos permite percibir desde lejos sucesos de un modo más completo que con su predecesor. Los sistemas que ahora se desarrollan nos permitirán no sólo percibir sucesos distantes, sino obrar también a distancia."

MYRON KRUEGER
Artificial Reality, 1983

Miré por una enorme ventana que llenaba mi campo visual, un mapa aéreo de la ciudad. Si quisiera ser morboso, podría considerarlo un punto de vista de bombardero. Podría volar sobre el paisaje o detenerme y revolotear. Lo más interesante de esa escena era el modo en que cambiaba según cómo la miraba yo. Donde quiera que fijara la mirada, los detalles finos de la escena aparecían indefinidos, luego se volvían concéntricamente más borrosos hacia la periferia de mi visión. Podía mover la cabeza o los globos oculares de una parte de la ciudad a otra. Era un aparato experimental para explorar el programa de investigación que Negroponte y Bolt habían promovido en los años 70, un intento a escala natural para comparar las capacidades de una maquinaria informática con la capacidad perceptiva de los seres humanos. La visión humana es clara en el centro y es más difusa hacia la periferia, aunque los ingenieros cognitivos están descubriendo que la cosa no es tan sencilla. Los investigadores que demostraban la versión bidimensional de los que sería una experiencia tridimensional me dijeron que proyectaban instalar un módulo de reconocimiento del habla dentro de un prototipo flamante en un laboratorio flamante. Entonces sería posible detener o marcar o alejar o aproximar detalles en el mundo virtual, combinando los movimientos del ojo con órdenes dadas a la computadora en lenguaje hablado.

El rastreador de la mirada de diez mil dólares y el proyector de un millón de dólares que habían hecho posible semejante experiencia no eran las únicas golosinas tecnológicas que tenían para mostrarme. Al fondo del hall estaban los comienzos de los aparatos experimentales de realimentación, los controladores telerrobóticos de los guantes y gafas y la colección más horrible de elementos informáticos en bruto que haya visto alguna vez en Chapel Hill. Probablemente lo más interesante de ese laboratorio era su meta de colocar poblaciones enteras en el ciberespacio para fines de la primera década del siglo próximo. Me hizo pensar en lo que deben de haber sido los primeros días del programa espacial de Estados Unidos, cuando se hacían esfuerzos que duraron una década para llevar a los seres humanos a la Luna y traerlos vivos de vuelta.

El laboratorio de investigación de RV más rico del mundo tuvo también las visiones más grandes. El ATR (Instituto internacional de investigación y de telecomunicación de avanzada) se propone construir sistemas de comunicación ciberespacial de medios masivos para el mundo del siglo XXI. Esa organización bien financiada, creada en 1986, está centrando su atención en el trabajo de centenares de investigadores e ingenieros en un esfuerzo por integrar lo que ellos llaman "comunicación con sensaciones realistas" en una tecnología de telecomunicaciones de la era 2000-2010. Esto no es un guión ni un ejemplo hipotético. Una circunstancia fortuita me puso en contacto con el grupo de investigación y desarrollo central de la ATR en marzo de 1990.

¿Por qué habría de colocarse la gente en una realidad simulada a fin de comunicarse? ¿Por qué tendría que invertir alguien cantidades apreciables de dinero hoy a fin de fusionar las telecomunicaciones y la realidad virtual dentro

de veinte años? La respuesta reside no tanto en lo que el actual estado de la tecnología de la RV nos provee sino en lo que el estado de los sistemas de telecomunicaciones de hoy en día *no* nos provee: el equilibrio delicado, complejo de las señales no verbales tales como la postura, los gestos, la expresión facial, la dirección de la mirada, que caracterizan nuestra más antigua tecnología de banda ancha de la comunicación cara a cara.

Sentí la reacción en las entrañas la primera vez que compartí un ciberespacio con otra persona; como el lenguaje hablado y los alfabetos, la RV se *siente* como un medio para formas de comunicación que no han nacido todavía. Aun los pocos minutos de experimentación en el interior de una Realidad Construida Para Dos de la VPL, de medio millón de dólares (pero todavía muy parecida a una historieta) sugiere una especie de "arcilla modeladora" de una comunicación del futuro que nuestros descendientes podrían moldear en una mezcla de danza y comunicación visual, conversación y escultura de multimedios, intelecto e interpretación, que apenas podemos imaginar hoy en día. En la actualidad, en la época de la RV que corresponde a la de la radio de galena, los individuos en ciberespacios compartidos pueden conocerse por *la forma en que se mueven*, hasta cuando se representan como androides, teteras, mariposas o crustáceos: es algo cómico y al mismo tiempo una exploración lingüística seria, bailar un vals con una langosta en el ciberespacio.

Cuando se trata de cuestiones serias sobre los fines del ser humano, las habilidades de comunicación parecen estar cerca del meollo del asunto. Una de las cosas que hemos aprendido en la persecución de la inteligencia mecánica es que inventar, usar y trasformar lenguajes parece ser lo que los bípedos binoculares implumes hacen con nuestro nicho ecológico, de la misma manera que las colonias de corales crean arrecifes con su nicho. Somos criaturas que se comunican y piensan en comunicarse: *Homo sapiens fiberopticus*. Nuestra propensión humana para abarcar nuevas herramientas de comunicación y usarlas para rehacernos a nosotros mismos es el punto en que la investigación de las telecomunicaciones converge con la realidad virtual.

Si los seres humanos son muy buenos para codificar y decodificar brocados de significado a partir de retazos de luz y ondas sonoras moduladas, y son excelentes para coordinar el ojo con la mano y con el cerebro, mientras que las computadoras son cada vez mejores para pintar simulaciones tridimensionales y lanzar billones de señales a los cuartos de estar del mundo, tal vez la comunicación universal en el ciberespacio tenga el potencial para crecer y volcarse en el último ambiente *humano*, plasmándose en el silicio. Si nuestro destino como organismos es transformarnos en simbiontes húmedos de nuestras propias herramientas, los juegos de comunicación en multimedia constituyen una de las opciones posibles y agradables para el empleo de nuestro tiempo. A principios del siglo XX, el novelista Herman Hesse escribió sobre ese lenguaje mental futuro novelado en *Dan Glasperpernspiel* ("El juego de los abalorios"). El punto de vista de Hesse era el de un mandarín perteneciente a una élite intelectual que pasaba su tiempo ensartando conceptos como bolitas en un ábaco.

Sus predecesores ya existen, ansiosos de ancho de banda, excéntricos de la comunicación y portadores de la idea de la Worldnet rebotando con sus personajes contra un ciberespacio ciego a través del estrecho canal de un texto conectado.

Asimismo, a principios del siglo xx, E. M. Forster adoptó una visión más cínica de una posibilidad semejante en su novela *The Machine Stops*. El mundo de Forster es aquel en el cual la gente asiste a conferencias maravillosamente ilustradas, dictadas por uno u otro, durante todo el día, sin dejar nunca sus cubículos, y sin preguntarse qué ocurriría si la máquina se detuviera. En *El nuevo mundo feliz* de Aldous Huxley se incluyen "sensaciones" como una forma de experiencia fabricada que sustituye ingeniosamente la libertad auténtica por una dictadura de avanzada tecnología.

La tecnología de la realidad virtual, que está ahora en sus etapas más primitivas, irá madurando cuando los conductos de información de gran volumen, que están ahora en su etapa de prototipo, se conecten mundialmente. Las instituciones que traen ahora los teléfonos a nuestras casas apuestan a que encontraremos aplicación para aumentar, en una forma sin precedentes, la capacidad de transporte de información por las líneas de comunicación existentes. La voz y el sonido de alta fidelidad, los videos de largometraje, textos de toda la Biblioteca del Congreso serán transportados a través de los cables ópticos en el año 2010. Además de ahorrarse un viaje a los establecimientos de alquiler de videos, ¿de qué manera usará la gente común conductos de información muy rápidos y de muy alta capacidad en una red si no hay forma de que la gente la use? La realidad virtual, como medio de comunicación, nos da una respuesta potencial a esas preguntas: nada consume los ciclos de computación y el ancho de banda de las comunicaciones como una máquina de la realidad. Miles de millones de máquinas de la realidad conectadas en red crearían una economía mundial nueva. Un inversor con una amplia comprensión de cómo evolucionan las tecnologías informáticas, con gran capacidad financiera y paciencia, a largo plazo, podría empezar a planificar ahora esa convergencia inminente de la RV y las comunicaciones, anticipándose a recibir réditos extraordinariamente grandes, en el futuro. ¿Cuánta atención merece la raza humana a los valores de hoy?

La historia de las industrias basadas en las comunicaciones es la prueba principal para creer en un rédito hipotético tan alto: comunicaciones y culturas, por su índole, están unidas en un ciclo de correvolución permanente. Las tecnologías que posibilitan la creación de nuevas tecnologías se aceleran por sí mismas. Y los efectos no se limitan a las tecnologías. Cambia el modo de vida, cambian las percepciones públicas, los límites de lo que es posible o permitido, cuando la población adopta un nuevo medio de comunicación. Las nuevas tecnologías alimentan nuevas instituciones culturales, así como tecnologías aún más nuevas: desaparecen los látigos con los coches de un solo caballo, aparecen los autocines, para ser reemplazados por las tiendas de videos. Incluso una tecnología de comunicación simple, de ancho de banda bajo, como

el telégrafo, hace posibles las corporaciones multinacionales (Edison, Carnegie, Sears, y Sarnoff, fundadores de la potencia eléctrica norteamericana, acero, ventas al por menor e industrias de radio-televisión, fueron todos operadores de telégrafo cuando jóvenes). Toda la montaña rusa de la historia del siglo XX fue impulsada por la fuerza transformadora de innovación en la tecnología de las comunicaciones. No hay motivos para sospechar que ese precioso, continuo y muy impredecible proceso de cambio tecnológico y cultural cese durante los próximos diez a veinte años.

Si alguien tuviera decenas de millones de dólares para gastar, acceso a los investigadores sobresalientes, acceso a los mercados mundiales y un ambicioso plan de diez años, las comunicaciones televirtuales podrían funcionar mundialmente dentro de veinte años. Si llegara a algo tan aparentemente improbable, la tecnología de las comunicaciones en un nivel totalmente nuevo podría redefinir "la realidad" en el siglo XXI, así como los teléfonos y la televisión redefinieron las viejas nociones de tiempo, espacio y posibilidades humanas en el siglo XX. Ahí se encuentran las grandes apuestas. Los cambios son buenos para algunos, malos para otros; las fortunas las pueden hacer aquellos que disciernen desde temprano el nuevo escenario. Las nuevas tecnologías de comunicación traen nuevos regímenes políticos, nuevas instituciones sociales, nuevas oportunidades económicas, nuevas dolencias mentales. En el juego mundial presente, algunos de los jugadores principales se sentirán demasiado rígidos para responder a los cambios y muchos de ellos se fracturarán. Entre los jugadores secundarios o aquellos que no saben aún que son jugadores, muchos serán atraídos hacia el juego mundial basado en las nuevas comunicaciones, descubrirán que son bastante flexibles para adaptarse a la cosmovisión trasformada de los jugadores del siglo XXI, y terminarán ganando mucho, e incluso reformarán las reglas.

Alguien —en realidad un grupo de empresas— está haciendo esa apuesta. La ATR (Advanced Telecommunications Research Institute International) tiene un presupuesto de unos 50 millones de dólares por año y dos de sus cuatro laboratorios se concentran en las ciencia y tecnologías fundamentales subyacentes de las comunicaciones televirtuales. De acuerdo con Daniel Lee, del Departamento de inteligencia artificial, el propio proyecto "Comunicación con sensaciones realistas" tiene 5,3 millones de dólares por año garantizados por diez años para crear tecnologías básicas para las comunicaciones ciberespaciales. El Laboratorio de investigación de sistemas se abrió en Kansai en la primavera de 1989; un año más tarde, cuando lo visité, seguían acarreando supercomputadoras e instalando sistemas de proyección de un millón de dólares. Unas 140 compañías de comunicaciones y de computadoras contribuyen con dinero e investigadores al consorcio que sostiene a la ATR. Me serenó la experiencia de ir desde mi primera práctica de RV compartida en la VPL (donde mi mano descarnada flotó en uno de los ciberespacios de Lanier y bailó con una compañera que llevaba un DataSuit, representada en el mundo virtual por una langosta púrpura) a un nuevo instituto de investigación, lu-

minoso, lleno de ingenieros dedicados a crear la comunicación de la RV para las masas.

Un año antes de que descubriera lo que hacía la ATR, estuve preguntando a los directores de investigación por toda Norteamérica si ellos opinaban que el potencial de la realidad virtual era demasiado grande, demasiado profundo para que lo manejara una sola empresa o incluso un solo país. Los que entendieron la pregunta se mostraron escépticos con respecto a ese concepto. ¿Acaso algo podía ser más importante que la ventaja competitiva? La ATR fue una sorpresa placentera en ese sentido. En un momento en que la cuestión de la cooperación mundial para el desarrollo de las tecnologías nuevas de la información estaba intrincada con nociones de competencia económica y pasiones nacionalistas, era refrescante encontrar una institución que se comprometía a cooperar en la investigación mundial en la carta de su constitución. Una de las metas de la ATR era aumentar la participación internacional en su investigación; en verdad, uno de los cuatro "principios básicos" de la ATR es el compromiso de hacer una "contribución a la sociedad internacional". Esa gente no sólo piensa en grande, sino que piensa en forma cooperativa, o al menos *dicen* que lo hacen. Y esto en sí ya es interesante. Para citar una expresión favorita de un gran empresario norteamericano: "Confía, pero verifica". Lo de ATR parecía tan bueno que tenía que verlo con mis propios ojos.

Vi sus nuevas instalaciones, probé sus prototipos, contemplé su colección de máquinas de la realidad avanzada. Aunque toda la escena es pulida y corporativa, comparada con las operaciones de VPL y Autodesk, los gerentes de investigación de la ATR que conocí no son "pura apariencia" como se podía sospechar. Son científicos e ingenieros competentes que tienen una clara idea de lo que procuran hacer; los investigadores principales habían trabajado separadamente en partes de los sistemas de RV durante años. La empresa proclama en forma pública que "la ATR se compromete completamente a cumplir con su parte para ayudar a escoltar la sociedad internacional que está por venir". Su haber principal incluye investigadores de Estados Unidos, Reino Unido, Alemania, Francia, Japón, Suecia y la Argentina. Uno de los dos investigadores de ATR que me atendieron fue Daniel Lee, de Palo Alto, que trabajaba para los accionistas de ATR, Yokogawa-Hewlett-Packard. Si tienen éxito o fracasan en sus osados planes, la ATR apuesta a que los productos de sus empresas patrocinadoras van a crear una nueva telecomunidad mundial.

Cuando hablo a la gente acerca de la empresa, les digo todo eso antes de mencionarles que la mayoría de los accionistas de ATR son japoneses y su laboratorio es el elemento central de una nueva "ciudad de la ciencia" que está en construcción en las afueras de Kioto. A veces puedo observar cómo se enciende el entusiasmo de mi auditorio. La mayoría de los norteamericanos en los años 90, al dárseles información sobre el potencial industrial que implica la realidad virtual, veían que el esfuerzo a gran escala de los japoneses para crear comunicaciones televirtuales constituía una amenaza económica. Visto desde la perspectiva con la que los norteamericanos miraban el éxito tecnoló-

gico de los japoneses, ésta es una razón legítima y significativa para preocuparse. Otra causa, más interesante para preocuparse, consiste en preguntarse si hay personas con poder *en alguna parte* que se den cuenta de que la alteración inminente de la realidad podría cambiar toda la idea del mercado, redefinir lo que entendemos por riqueza, redistribuir el poder en formas inesperadas. He conocido semejantes pensadores de largo alcance en ambos lados del Pacífico.

Con referencia a lo que escribo, diversos asistentes de ciertos políticos en Washington están meditando si deben pensar en la realidad virtual. He conversado con un asesor, director de la Oficina de Evaluación Tecnológica del Congreso de Estados Unidos, que estaba fascinado, pero lo veía distante de los intereses de aquellos que preparan los planes de acción. Recibí una llamada de un miembro de personal del senador Albert Gore; Gore sigue la nueva tecnología, leyó sobre la RV, proyectaba un viaje a Silicon Valley para probar los guantes y las gafas por sí mismo. Unas pocas empresas grandes en Norteamérica tenían uno o dos entusiastas, metidos en un pequeño laboratorio, en alguna parte de un centro de investigación masiva. Pero en la primavera de 1990, en un edificio justo en las afueras de Kioto, descubrí que las principales empresas japonesas de telecomunicación y de informática estaban comprometidas durante casi dos años a acelerar el desarrollo de las posibilidades de la realidad virtual e integrarlas en la investigación del más alto nivel, en las futuras comunicaciones de banda ancha, arquitectura de computadoras e interfaces humanas. El principal accionista de la ATR es la NTT (Nippon Telephone and Telegraph), la empresa, de comunicaciones más grande de Japón. Otros patrocinadores grandes incluyen a Nippon Electronic Company (NEC), Toshiba e Hitachi. Los grandes muchachos tecnológicos de la Japan, Inc., apoyan fuertemente la RV. Aun si cada inversor en Norteamérica se comprometiera con entusiasmo en el desarrollo televirtual, tomaría un buen trozo de la década del 90 para subir al nivel de lo planeado por la investigación en Japón.

Las mejores mentes en los laboratorios de investigación y desarrollo japoneses líderes han examinado con esmero las tendencias y las posibilidades en los dominios de las tecnologías de comunicación e informática y decidieron clarificar su visión respecto de lo que deseaban alcanzar en un período de diez a veinte años. Vi en sus oficinas informes sobre reuniones virtuales del futuro, impresos en elegante papel de la ATR. Me trajeron extrañas reminiscencias de los dibujos del futuro de la RV, en la oficina de Jaron Lanier en Redwood City. No me sorprendería ver que la ATR se une a la Reality Net que Lanier contribuyó a proyectar.

En el interior de la ATR: construyendo el recinto mundial de los medios

"El crecimiento económico en Japón se basó principalmente en el desarrollo de la tecnología aplicada. Nos hemos convertido en una de las na-

ciones más prósperas del mundo. Ahora debemos promover la investigación básica más que nunca.

"Las telecomunicaciones se están convirtiendo en el impulso que mueve hacia la sociedad conducida por la información, y los campos de investigación se han expandido en forma espectacular y drástica. Así pues, es muy importante estimular la cooperación internacional en investigación y desarrollo de las telecomunicaciones.

"Es nuestra meta promover la investigación tecnológica básica, el intercambio de investigadores e información entre las instituciones de investigación de Japón y del exterior. Resumiendo, la ATR se compromete por entero a hacer lo necesario para ayudar al advenimiento en la futura sociedad internacional."

ADVANCED TELECOMMUNICATIONS
RESEARCH INSTITUTE
Principios básicos, 1989

ATR es el centro de Kansai Science City. Kansai es el nombre de la llanura donde gobernaron las grandes ciudades del antiguo Japón durante mil años antes de que el advenedizo Edo se convirtiera en Tokio. Pero Tokio ha alcanzado los límites de la centralización; ya no ha quedado lugar para el crecimiento, y la supervivencia económica japonesa ha sido apuntalada para mantener un alto valor de crecimiento tecnológico. Kansai Science City es un proyecto nacional para construir una nueva ciudad en la zona que bordea Tokio, Osaka y Nara, ubicada alrededor de un racimo de complejos de investigación destinados a las tecnologías del siglo XXI. La campiña era agradable, vista por la ventana de un tren suburbano japonés de alta velocidad. Era la última semana de marzo y hacía más calor del normal en esa época. Los cerezos empezaban a florecer temprano ese año. Por supuesto, a la velocidad a la que iba mi tren yo tenía unos cuatro segundos y medio para ver cada bosquecillo de cerezos. Las manchas rosadas en la escena que se movía aparecían con mayor frecuencia a medida que nos movíamos al sur y al oeste. Las modernas moradas suburbanas unifamiliares eran reconociblemente japonesas, con sus techos empinados de tejas azules (en el estilo *gassha*, que se remonta, como me enteré más tarde, a los días en que la primera tecnología de Japón era cultivar gusanos de seda en la buhardilla).

Hasta sentado junto a la ventanilla de un tren que marcha a gran velocidad, el pasajero percibe con cierto ritmo el escenario, desde los modernos corazones de las antiguas ciudades, a través de los suburbios, pasando por los complejos industriales con nombres familiares como Kawasaki y Sansui, cruzando campos con granjas inmutables, bosquecillos de bambúes y laderas de montañas arboladas y primitivas, que ayuda a dar un sentido al ritmo de vida de Japón. El antiguo clisé sobre el "país de los contrastes" salta a la vista cuan-

do uno ve los arrozales y las fábricas de microchips que se alinean a lo largo del ferrocarril.

Viajé en el Shinkansen, el "tren bala", desde Tokio a Kyoto. Después de pasar tres días vestido con mi traje azul, camisa blanca y corbata, viajaba menos formalmente, con pantalones de pana, camisa estampada naranja de mangas largas, chaqueta de Tyvek de plástico con un mapa refulgente de las galaxias y zapatos pintados con una réplica del cuadro de Van Gogh *La noche estrellada* en seis colores de acrílico. Como norteamericano, me imaginé que ya había atraído la atención sobre mi persona, de modo que ya podía relajarme y vestirme como lo hago en Seattle o en Londres. Es bueno saber por adelantado que nadie me hará una escena amenazadora sobre mi estilo de vestir. Me gusta cómo la gente en los trenes japoneses, sobre todo en las ciudades, se comportan indiferentes en reacción a las excentricidades norteamericanas. Se espera que los *gaijin*, "forasteros" como yo, parezcan excéntricos y actúen de forma anormal, y la gente en las ciudades principales está asqueada de eso. Sólo después de haber dejado el Shinkansen y abordado un tren que iba a la localidad siguiente a Kioto, las escolares no pudieron retenerse de emitir sus risitas.

El ATR Systems Research Laboratory está ubicado un poco fuera del perímetro del centro poblado actual en Takanohara. La existencia de parcelas vacías, del tamaño de una universidad, ocupadas por pesados equipos de construcción, señalaron mi llegada a las afueras de la nueva ciudad de la ciencia, que por el momento es mayormente virtual. Los laboratorios de biotecnología y robótica existen por ahora sólo como sitios en varias etapas panorámicas o de construcción. Una estructura azulejada, que se parece a distancia más bien a los monolitos de mármol gris gubernamentales de Washington, DC, el Systems Research Laboratory de la ATR, es un gran edificio construido sobre una parcela aún más grande. Dejar espacio para la expansión parece ser parte del plan. La ATR está destinada claramente a ser la vanguardia de la ciudad nueva, reflejando las convicciones de los urbanizadores japoneses de que las tecnologías informáticas serán las tecnologías de vanguardia del siglo por venir para toda la Tierra como para su compañía.

Rememoré el tamaño del centro de investigaciones de Palo Alto de la Xerox (PARC), para apreciar las dimensiones de los centros de investigación que visité en ultramar. El PARC tiene tres pisos y ocupa más o menos media manzana, y está incrustado en el Coyote Hill en una serie de terrazas que yo llamé estilo "Neo-Maya de Silicon Valley". ATR es más o menos una vez y media mayor que el PARC, su arquitectura exterior es más ortodoxa, y el interior es similar pero más moderna que el PARC; el acero inoxidable y los azulejos de un gris azulado son más evidentes en ATR, y es menos visible el individualismo creativo del "computadorismo" norteamericano (música de rock and roll que se oye por las puertas abiertas de las oficinas, carteles extravagantes en las paredes, bicicletas en los laboratorios). Como el PARC, la ATR consta de varios laboratorios relacionados que ocupan distintos pisos y alas del mismo edi-

ficio. Hay dos salas para conferencias internacionales con acceso a traducción simultánea al inglés y japonés.

Los diferentes laboratorios de ATR están destinados a sistemas de comunicación inteligentes, telefonía interpretativa, mecanismos de percepción sensorial, comunicaciones de radio y ópticas, dispositivos de telecomunicación de vanguardia. En otras palabras, apuntan a construir los cimientos para la próxima generación de un cerebro mundial de la infraestructura tecnológica, que abarque desde los microcircuitos hasta las redes mundiales. En el laboratorio de RV, el objetivo parece ser una "RV inalámbrica" de mercado masivo, grafismo tridimensional sin necesidad de displays de cabeza, acoplando una entrada gestual percibida a distancia, que usa cámaras y software de interpretación del escenario en lugar de guantes y trajes para rastrear la postura, el gesto y la dirección de la mirada. ATR quiere construir una terminal de comunicación computerizada que lo mire a uno y reaccione de acuerdo con el modo en que uno dirige su atención. Según las palabras de un folleto de ATR, están ensamblando las piezas de "una comunicación visual realzada por la realidad, que usa grafismo tridimensional para crear una sala de conferencias virtual acorde con las necesidades requeridas para la resolución de los problemas".

La idea de una sala de medios, un teatro inteligente o un ambiente responsivo no es nueva. ATR parece empezar allí donde Myron Krueger y Media Lab lo habían dejado. Krueger usó los primeros algoritmos para visión de máquinas, acoplados con video, para digitalizar el contorno del cuerpo del usuario; también creó lenguajes gestuales de comando. Ivan Sutherland escribió en *The Ultimate Display* en 1965: "La computadora puede sentir fácilmente las posiciones de casi cualquier músculo de nuestro cuerpo. Hasta ahora sólo se usaron los músculos de las manos y de los brazos para el control de la computadora. No hay motivo por el cual sean estos solos, aunque nuestra destreza con ellos es tanta que imponen una opción natural. Las máquinas que sientan e interpretan la información sobre el movimiento del ojo pueden ser y serán construidas. Queda por ver si podemos usar un lenguaje de miradas para controlar una computadora. Será un experimento interesante preparar una exhibición que dependa de adónde miramos".

Richard Bolt en el MIT y otros han experimentado la detección por infrarrojos de la mirada como interfaz de una computadora. En el momento en que escribo esto, sin embargo, Krueger sigue luchando valientemente, sin fondos suficientes, en la Universidad de Connecticut, que no entiende, por cierto, el potencial del proyecto de la realidad artificial, arrinconado en su museo de historia natural. Ivan Sutherland estuvo desconectado, proyectando máquinas que caminan y nuevas arquitecturas de software. Y el MIT Media Lab no parece haber tenido éxito en desarrollar productos para uso público (aunque los militares han estado usando videodiscos y sistemas de gestión de información espacial durante décadas). Parece que los usuarios de ATR examinaron con atención las modernas tecnologías que les podían proporcionar sus empresas miembros, desde el punto de vista de las orientaciones principales de la in-

vestigación de RV norteamericana, luego planificaron los programas de investigación que se desarrollarían en las direcciones descritas por Sutherland y promovidas por Krueger, Bolt y otros para convertirlas en poderosos sistemas fabricables.

Aunque se acusa a menudo a la investigación y al desarrollo japoneses de ser imitativos, lo irónico del caso es que ellos han vuelto a descubrir las sendas de investigación de la RV que fueran señaladas y no seguidas por los innovadores norteamericanos décadas atrás. Una lección que las industrias norteamericanas parecen predestinadas a volver a aprender una y otra vez, en los mercados económicos, es que la innovación no es suficiente en las industrias de alta tecnología. Los prototipos deben ser optimizados antes de que se puedan fabricar y distribuir. Hace falta planeamiento técnico y de investigación —y un compromiso en los más altos niveles de la dirección de investigación—, así como ingenio individual para llevar un amplificador de la mente al mercado. Era más fácil construir nuevas tecnologías revolucionarias antes, cuando las revoluciones ocurrían una sola vez por década, en lugar de ocurrir cada seis meses. Hace falta mucha ciencia y tecnología y una organización a gran escala, administrada con eficacia, para que los actuales sistemas técnicos abran una brecha comercialmente viable.

La única presentación que vi en ATR que estaba muy adelantada con respecto a los otros investigadores de RV, era el alcance de sus planes; pero lo que sí vi fue el tamaño de sus laboratorios y las áreas reservadas a los sistemas proyectados del prototipo de la sala de medios. Cuando los visité estaban en el quinto año de investigación en su plan de diez años; la investigación básica se había cumplido, pero sus proyectos de superar otros estudios sólo empiezan a avanzar hacia las pruebas del prototipo. Ahora sólo existen prototipos primitivos y parciales de los sistema de realidad experimental en la ATR; siguen montando hardware para su investigación central, que ya empezó a extenderse más allá de los límites dentro de los cuales la habían dejado Krueger y Bolt. Las máquinas gráficas de ATR incluyen la primera máquina de conexión en Japón, junto con salas llenas de estaciones de trabajo gráficas de cincuenta mil dólares y las supercomputadoras aún más caras Stellar y Stardent, conectadas de diversas maneras. Cuando los visité, estaban en el proceso de poner a punto un proyector de alta resolución de un millón de dólares. Con diez años de fondos garantizados y algunas de las mejores cabezas de los organismos de investigación de Japón, yo no me apresuraría a descartar las oportunidades de la ATR de conferir a Japón la base técnica para un liderazgo mundial en televirtualidad.

Queda por ver si ATR logra alcanzar las metas a las que se arroja dinero. He conversado con varios críticos entendidos que opinan que echar dinero e investigadores en un problema es notoriamente ineficaz, y sobre todo lo es en Japón, pero nadie discute el hecho de que ATR, NTT y otros gigantes japoneses de la comunicación han formulado una serie de razones por las que la RV es la etapa siguiente en la evolución de tecnologías de la comunicación, han evalua-

do con sobriedad los obstáculos que se oponen al desarrollo de las tecnologías deseadas y han articulado enfoques razonables para superar esos obstáculos.

De acuerdo con Yukio Kobayashi, jefe del Departamento de Inteligencia Artificial de ATR, los conceptos de herramientas de pensar y ambientes colaborativos, que nos traen reminiscencias de Licklider y Engelbart, dominan otra vez la estrategia de investigación de un consorcio (salvo que esta vez se trata de ATR y no de la ARPA, la que hace de punta de lanza en la revolución de la "aumentación", y es 1990 y no 1960):

> *"Pensamos en el objetivo de la telecomunicación como en una resolución del problema, pero también como en un quehacer agradable. Pensamos que esto se podría lograr mediante la comprensión y comunicación de intenciones entre un ser humano y otro, entre un ser humano y las máquinas, entre máquinas y máquinas a distancia y en el tiempo.*
>
> *"En las tecnologías modernas de telecomunicación, las posibilidades de una eficiente transmisión de señales en el espacio y en el tiempos se consiguen fácilmente. Sin embargo, para comunicar intenciones —la comprensión de las intenciones— no basta con tener la transmisión de las señales. La deducción de los motivos, significados y conceptos de las intenciones y su comunicación se vuelven muy importantes para la correcta comprensión.*
>
> *"Para promover la creación y la comprensión de la información, entre los muchos métodos que deben considerarse están los sistemas que organizan los procesos del pensamiento de un modo experto. En el acto de crear la información, sobre todo para realzar la creatividad humana, creemos que es sumamente útil el ambiente espacial donde el ser humano está presente y donde los problemas se resuelven.*
>
> *"En otras palabras, en el caso de que se estén resolviendo problemas complicados con la cooperación de diferentes personas, es importante un espacio común (ambiente) donde puedan compartirse las sensaciones. En semejante ambiente compartido la creación de la solución se volverá muy eficiente. A veces, cuando la proximidad física no es posible, la experiencia de un ambiente compartido simulado podría ser de ayuda para la comunicación.*
>
> *"Para personas que se encuentren lejos, separadas, y si la distancia y el tiempo pueden ser superados por ese ambiente compartido, se intensificará la creatividad y será posible la comprensión de las intenciones. Las comunicaciones en verdad enriquecerán.*
>
> *"En el Departamento de Inteligencia Artificial, llevamos a cabo investigaciones fundamentales principalmente en el área de los medios visuales de semejante ambiente compartido, que llamamos Comunicación con Sensaciones realistas, donde las sensaciones comunes están integradas para la comprensión y la comunicación de las intenciones."*

Akira Tomono, supervisor del laboratorio de Kobayashi, me instruyó sobre los objetivos generales de ATR y me dirigió a Daniel Lee y Haruo Take-

mura, cuyas investigaciones estaban directamente relacionadas con esa área. Miramos un par de videos, dimos una vuelta por los laboratorios y conversamos acerca de los programas de investigación que apoyaban el proyecto de RV. La orientación a RV del laboratorio quedaba clara en los videos, que mostraban una interpretación artística de un grupo de personas, realizando una reunión en el ciberespacio. Incluso el orden del día de los laboratorios que no apuntaban directamente a la televirtualidad, estaba orientado hacia los problemas centrales que se planteaban ante los creadores de la RV.

Uno de los cuatro laboratorios de ATR, el Laboratorio de Investigación de la Percepción y Audición, tiene por objeto descubrir el conocimiento científico básico sobre los mecanismos de percepción y cognición. Si bien las revoluciones de comunicación anteriores tenían sus raíces en la ingeniería eléctrica, este laboratorio descansaba en la premisa de que los futuros avances se basarán en una comprensión más profunda del funcionamiento de la percepción humana, así como sobre el funcionamiento de las máquinas que procesan información. Sus metas son "obtener avances en las tecnologías de reconocimiento de formas visuales y del lenguaje hablado, y desarrollar interfaces hombre-máquina eficientes y agradables".

El Departamento de Percepción Visual del Laboratorio de Investigación de la Percepción se propone comprender la manera en que los humanos procesan la información visual y aplicar ese conocimiento a la creación de tecnologías de reconocimiento automático de formas y síntesis automática: computadoras que puedan reconocer que uno procura atraer su atención cuando hace un ademán con el brazo, o que pueda recrear el semblante de su rostro cuando pronuncia su nombre. El estudio científico de las capacidades de reconocimiento de formas del sistema humano de procesamiento de información está vinculado, en el ATR, con tecnologías que evolucionan paralelamente en sistemas de procesamiento de información de las máquinas, tales como el análisis y comprensión de una escena. Aprendiendo algo más acerca del modo en que las funciones humanas cognitiva y perceptual convierten diversas frecuencias de ondas luminosas en un cuadro coherente que llamamos una "escena", los investigadores de ATR esperan crear una computadora que rastree y comprenda al usuario, un avance que revolucionaría todo el campo de las interfaces hombre-máquina y harían asimismo posible la RV inalámbrica.

En el Departamento de los Procesos Cognitivos del mismo laboratorio, los proyectos clave se concentran en la psicofísica y la computación de modelos y de visión espacial (¿Cómo detectan nuestros sentidos las señales y cómo las codifican, y cómo las decodifica nuestro cerebro?), en principios de computación paralela y redes neurales (¿Cómo pueden adaptarse las técnicas efectivas usadas por los humanos y el software de las computadoras para reforzarse mutuamente?), y el aprendizaje y el manejo de teorías de la percepción (¿Cómo construimos nuestros amplificadores originales de la mente, nuestro conjunto aprendido de aptitudes para pensar y percibir?). El Departamento del Oído y de Percepción del Habla estudia y modela esa percepción y orienta los descu-

brimientos al reconocimiento, síntesis y codificación automáticas del habla (¿Cómo podrían las computadoras y los humanos hablar entre sí en forma audible?). En ATR, la ciencia y la tecnología parecen acopladas intencionadamente, y el personal de investigación incluye científicos tanto de las universidades como de las corporaciones.

El Laboratorio de Investigación de la Percepción y la Audición es un sueño de ingeniería de la realidad virtual. Ingenieros y programadores saben construir sistemas digitales, pero la ciencia básica para construir sistemas digitales que interactúan estrechamente con el cerebro humano requiere el tipo de conocimiento que sólo puede proporcionar un laboratorio de investigación psicológica muy bien orientado. Y puesto que la índole de las capacidades humanas realzadas tecnológicamente y las tecnologías mecánicas posibles dependen del conocimiento de la naturaleza humana, vamos a aprender algo más sobre la forma en que las mentes humanas crean el mundo, cómo codificamos y decodificamos la comunicación, cómo mapeamos y volvemos a mapear los procesos físicos y cognitivos. Como me dijo Nat Durlach: "Cuando uno considera estos interrogantes sobre el alcance que tienen los sentidos humanos en los ambientes virtuales, resulta que se trata de profundas preguntas sobre lo que desean los seres humanos llegar a ser". Tal vez deseemos cambiar nosotros mismos cuando descubramos de qué manera las máquinas correctas pueden franquear unas cuantas barreras para lograr un funcionamiento óptimo. El experimento humano todavía tiene fallos importantes, varios de ellos potencialmente fatales y que deben solucionarse de alguna manera muy pronto; cambiarnos a nosotros mismos para adecuarnos a nuestras máquinas tal vez no parezca tan terrible si lo comparamos con alternativas igualmente horribles. Tal vez queramos resistir al cambio cuando sepamos más acerca de la clase de seres humanos que produce la realidad virtual. En cualquier caso, la investigación de la realidad virtual a gran escala ya ha entreverado profundamente el trabajo de los científicos cognitivos y los filósofos con los productos de los fabricantes de hardware y los creadores del software. Aunque no figure en forma explícita en el plan de investigación de nadie, todo el apartado de acero inoxidable y silicio de la investigación de RV básica parece apuntar directamente al corazón de lo que es la naturaleza o de lo que nosotros decidamos hacer con ella.

La acción manifiesta de la realidad virtual puede encontrarse en el proyecto de la Comunicación con Sensaciones Realistas. Uno de los proyectos en marcha consiste en reunir los elementos proporcionados por los otros laboratorios en una sala experimental de medios. El grueso de la actividad de la RV está concentrado en las tecnologías habilitantes para "los espacios de reunión virtuales" que pudieran conectar las tecnologías de las teleconferencias con las de la presencia remota. Los elementos clave de esta visión incluyen un display tridimensional (con preferencia uno que no requiera algún implemento especial en la cabeza), dispositivos de rastreo del ojo que permitirán a la gente en las reuniones virtuales mantener un contacto ocular entre sí, una tecno-

logía sensible al gesto (nuevamente, de preferencia aquella que no requiera guantes u otras molestias) y un display de gran campo visual que pueda crear un sentido de inmersión total o parcial en la sala de la reunión virtual. La razón por la cual los investigadores del ATR desean desembarazarse de las gafas que ocultan el rostro reside en que consideran la cara como un órgano de comunicación. Cada uno de los elementos no verbales de la comunicación humana —expresión facial, lenguaje del cuerpo, ademanes de la mano, contacto visual— es la base para uno o más proyectos de tecnología habilitante que está en marcha con referencia a la "comunicación con sensaciones realistas".

Los teléfonos y las comunicaciones mediante computadoras no transmiten las sutilezas del contexto no verbal transferidas por el lenguaje del cuerpo y por los pequeños y rápidos cambios en la expresión facial; las teleconferencias por video consumen gran cantidad del ancho de banda de la comunicación. Un procedimiento sería enseñar a una computadora cómo es su cara y cómo se mueve, y luego enviar el modelo de su dinámica facial, hecho por computadora, a sus interlocutores, que lo almacenarán en las memorias de sus máquinas. Nicholas Negroponte y Richard Bolt promovieron la idea de un trabajo computerizado para transmitir la presencia facial, pero su aparato requería que cada participante tuviera una máscara de los otros en su espacio de comunicación; las imágenes de los movimientos faciales se proyectarían sobre las máscaras, creando una simulación tridimensional económica y relativamente eficaz de una cabeza parlante. La visión del ATR lleva el conjunto del MIT a una dimensión virtual: la "máscara" facial se crea únicamente en el interior de la computadora, mediante el uso de sistemas de adquisición de forma y de modelación facial. Cuando usted hable con sus colegas por el teléfono de la realidad NTT del año 2000, los procesadores de sus estaciones de trabajo locales podrían presentarles una imagen de la cara que de usted que se mueve artificialmente de acuerdo con el movimiento de su cara, sincronizado con su hablar. La demostración que yo vi tomó una imagen de video, la dividió en etapas que parecían más bien mapas topográficos, y luego creó una imagen sintetizada que parecía una réplica reconocible, aunque artificial, de la cara del modelo.

La posibilidad de que aparezcan resultados insospechados es algo que debe buscarse en cualquier programa de investigación, sobre todo uno que es tan ambicioso que probablemente no se alcancen las metas. La idea de una cámara de recuperación o adquisición de formas, por ejemplo, es una posibilidad fascinante como herramienta de construcción general de la realidad. Los escáneres ópticos pueden convertir ahora cualquier forma gráfica o de texto sobre una página plana en un archivo digital apto para ser procesado por una computadora y transmitido por las líneas de comunicación. Se puede tomar una fotografía, leerla y registrarla y enviarla por teléfono y módem. Algún día quizá sea posible leer y registrar objetos tridimensionales en su base de datos tridimensional, enfocándolos con una cámara de adquisición de formas. Sus películas privadas no sólo permitirán que su auditorio vea lo que usted vio en Roma el verano pasado: sus amigos podrán deambular con usted por la vía Vé-

neto, en un trozo de espacio-tiempo cautivo, detenido a perpetuidad. Y con las versiones muy evolucionadas de las técnicas desarrolladas en el ATR para transmitir información facial, tal vez sea posible captar el movimiento de los objetos en el espacio tridimensional, así como su forma estacionaria, posibilidad que conduce a otro resultado sorprendente y fascinante; herramientas para esculpir una realidad 3D que obedecen a una voz de mando.

El advenimiento del grafismo computacional en los años 60 y las interfaces de manipulación directa en los 70 significaron que era posible que los humanos usáramos nuestro sentido visual, muy desarrollado, para mirar las operaciones de la computadora y usar lo que veíamos para comunicarnos con ella. En los años 90, los investigadores del ATR y otros están procurando dotar a las computadoras de poderes semejantes: el ATR tiene varios tableros prototipo que miran al usuario, en particular miran donde mira el usuario, rastreando las posiciones del ojo y la cabeza. Estuve sentado en diversas estaciones experimentales donde me enfocaron con cámaras de video y de infrarrojos que a su vez estaban conectadas con software de extracción de imagen en los "equipos informáticos". Tanto el reconocimiento facial como el reconocimiento gestual, que estaba en elaboración en el ATR, se basan en una larga tradición de intentos para construir robots que puedan navegar visualmente. El ATR está trabajando simultáneamente en sistemas de visión humana y electrónica, en tándem. No es tan difícil convertir la luz en señales electrónicas e introducir éstas en la computadora. La parte difícil viene cuando hay que idear un programa de computadora que sepa la diferencia entre una cara y otra, o incluso pueda distinguir una cara de una sartén.

Algo que las computadoras pueden hacer es efectuar grandes cantidades de cálculos con mucha rapidez. En la medida en que los científicos de la cognición puedan descubrir qué trucos realizan los sistemas humanos de procesamiento visual para analizar las escenas, será posible reducir los enfoques diferentes para crear un software de análisis de escenas. Los bordes, por ejemplo, parecen importantes en el sistema visual humano. Nuestro aparato perceptor de la luz parece estar cableado para la detección de los bordes, una técnica que es parcialmente reproducible en un programa de computadora: calcular qué hace cada pixel en relación con su vecino, y si las secuencias lineales de los pixels están todas presentes o ausentes, verificarlas para ver si constituyen un borde. Es posible analizar escenas digitalizadas de esa manera, comparando series de elementos pictóricos de acuerdo con cálculos matemáticos complejos, detectando así los bordes y reuniéndolos para obtener formas, luego comparar las formas expresadas en números con una base de datos de objetos reconocidos de antemano. Los laboratorios de interfaz humana de la NTT, uno de los cooperadores del ATR, ya han construido una cámara capaz de reconocer las matrículas de los automóviles. En algunos puntos de verificación, ya están instalados los prototipos de robots para controlar la velocidad: si el radar detecta un vehículo que va a una velocidad excesiva, una videocámara capta la matrícula y el software de reconocimiento introduce el número en la

base de datos del Departamento de Automóviles. Pronto, los futuros infractores por exceso de velocidad recibirán por correo multas robóticas.

Los robots policía de las carreteras automatizadas no son precisamente la meta de investigación en el ATR. Allí los investigadores piensan que es posible construir un sistema de reconocimiento visual que no sólo reemplace al DataGlove, sino que ayude a comprender la dinámica del lenguaje gestual humano. Como otras indagaciones técnicas subyacentes de la RV, ésta conduce a los interrogantes medulares de lo que es realmente la comunicación humana. ¿Cuál es, por ejemplo, el lugar del gesto en la conversación? Aun si la representación visual de su interlocutor es un dibujo de historieta asistido por computadora, como los proporcionados por la cámara de adquisición de formas o los ingeniosamente creados en el Videoplace de Krueger, o es una langosta con la que me encontré en VPL, hay algo en la manera de moverse la gente en el espacio que agrega mucho al acto de la comunicación. Por esa razón, los sistemas de visión automática del ATR están diseñados como instrumentos de investigación para los psicólogos que estudian los principios de la comunicación humana, así como los prototipos para la entrada gestual sin guantes. Veinte años después y con medio mundo recorrido, estos investigadores están concentrando sus esfuerzos en los avances de la interfaz humana que los norteamericanos iniciaron y pronosticaron, pero jamás convencieron a nadie en Estados Unidos para que lo comercialice.

Las actividades iniciales de Richard Bolt en el MIT estaban relacionadas con la creación de prototipos de interfaces de computadora específicamente visuales, centradas en lo humano, e incluían también las tecnologías de rastreo de la mirada. Una computadora que pudiera determinar con precisión adónde mira el usuario tendría dos ventajas distintas en los sistemas de comunicación televirtual. Primero, el contacto visual es un componente importante en la "transmisión de la intención" que el ATR procura llevar a los sistemas de comunicación electrónicos. A uno podría no importarle si su interlocutor se parece a una langosta o a un androide, mientras que se mantenga el contacto visual (o se evite) sincronizado con la persona real que está detrás. Segundo, e igualmente importante para la creación de la interfaz humana, la ubicación precisa de donde usted fija su mirada es un indicador importante del sitio al cual dirige su atención. Una base de datos inteligente le permitiría agrandar los detalles del panorama visual sencillamente mirándolos. Por no decir nada de las ventajas de comunicación que un sistema de rastreo del ojo puede aportar a una persona cuya movilidad estuviera limitada sólo a sus globos oculares. Cuando llegamos a la RV, una computadora que sabe adónde mira usted, es más eficaz en su cometido de crear la ilusión de estar en el interior de un mundo simulado. Y cuando se trata del japonés, un idioma muy dependiente del contexto, es importante saber adónde miran sus interlocutores y ver las expresiones de sus rostros.

En 1984, cuando Richard Bolt explicó por qué era importante observar los ojos del usuario, señaló qué rol importante desempeñaba, en el comienzo

del aprendizaje, el direccionamiento no verbal de la atención: "Una razón para que exista un sistema que observe los ojos reside en abrir un nuevo canal por el cual podamos detectar hacia dónde se dirige la atención del usuario. El efecto puede compararse con lo que consiguen los niños cuando descubren que les resulta útil saber adónde *mira* su padre para comprender qué ocurre entre ellos y el padre y, a su vez, con el mundo que los rodea".

El señor Kobayashi, el señor Tomono y el señor M. Iida han elaborado un detector del movimiento ocular que usaba un par de gafas y diminutos diodos emisores de infrarrojos para detectar puntos de la mirada. Mínimas diferencias en la refracción de la luz infrarroja invisible reflejadas en la superficie del ojo pueden trasformarse, mediante una combinación de hardware y artilugios de software, en un indicador relativamente preciso de la dirección de la mirada, sobre todo en combinación con los rastreadores de la cabeza tridimensionales magnéticos como el Polhemus. Kobayashi y otros han creado también un sistema electrónico de cámara y software para extraer puntos de rasgos a partir de una imagen digital a fin de rastrear la dirección de la mirada y la posición del rostro. Hasta un algoritmo muy poco inteligente de reconocimiento de forma puede rastrear los dos círculos exactamente invariables de sus pupilas en videoimagen. Hubo casos en que la luz infrarroja reflejada por los globos oculares suministraba los puntos de extracción de los rasgos; en otros casos, esos puntos son proporcionados por pequeñas porciones de material reflectante adherido a la frente junto a los globos oculares. El procedimiento para "vestirse" para ese sistema consiste en algo así como pegar diminutos sellos de correos en cada una de las sienes; uno se olvida rápidamente que están ahí y se quitan con facilidad cuando ha terminado la interacción. Los cambios de ángulo y de posición absoluta entre los puntos de extracción se correlacionan con los movimientos del ojo. La señal del extractor de mirada puede usarse como entrada a la computadora, que puede reaccionar de diversas maneras a los cambios iniciados por los ojos del usuario.

Nuevamente, aunque ninguno de los principios científicos que inspiran esas tecnologías de rastreo de los ojos se originaron en ATR, el uso de las cámaras electrónicas sin lentes (CCD) y la concentración en el interrogante de qué hace que la realidad virtual parezca real abren nuevos caminos para la investigación de la RV. Así como todos los laboratorios japoneses que yo visité están usando el DataGlove de VPL, los investigadores en todo el mundo harían grandes progresos en muchos campos relacionados con la RV si tuvieran acceso a una tecnología de rastreo de los ojos económica, precisa y no molesta. La idea de rastrear la mirada existió durante décadas; sin embargo, los investigadores de RV no disponen fácilmente de sistemas accesibles y discretos. Cualquier avance en esa dirección haría progresar la investigación de la RV en todas partes, sobre todo en Japón, por supuesto.

Como cualquier otro laboratorio de RV que se respetara, el ATR tenía un prototipo de guantes y de display de cabeza. El que yo probé se parecía al equipo de anclaje molecular que había usado en Carolina del Norte. Me puse

de pie frente a una gran pantalla de medio metro cuadrado de superficie, con el DataGlove y los anteojos de "obturador electrónico" de efecto PLZT. Como las moléculas en la UNC, los bloques exhibidos en la pantalla del ATR no me rodearon, sino que flotaron en el espacio delante de mí. Usando el guante pude extender la mano, asir un bloque, moverlo y soltarlo. El display del ATR incluía sólidos en el "mundo real" que podían interactuar como objetos en el mundo virtual. Como prototipo para estudiar las operaciones telerrobóticas, aquel equipo me permitía apilar bloques virtuales sobre bloques sólidos (aunque desde luego no de la otra manera). Dentro de unos pocos años, un sistema como ése podría entrenar a especialistas en fábricas muy robotizadas (como las que existen en Japón) para supervisar las operaciones semiautónomas de algunos robots en la planta de la fábrica.

Como la NASA y la UNC, el ATR no descuida los componentes auditivos y hablados de la realidad. Supongamos que usted usa un sistema de RV hiperrealista del futuro y que es demasiado perezoso para hacer un ademán con la mano y cambiar la colmena urbana por un panorama desierto. Supongamos que usted sólo quiere decir: "Tacha la ciudad, crea un desierto". Los dispositivos capaces de traducir las palabras habladas en órdenes impartidas a las computadoras constituyen otra tecnología que ha llevado largo tiempo para desarrollarse, pero que parece converger con otros elementos de las interfaces de computadora de la RV. El problema nunca radicó en la imaginación, sino en la ingeniería, cuando se trata del campo conocido como "reconocimiento del habla conexa". Si usted tiene la imaginación para avizorar un espacio virtual, no resulta tan difícil saltar a un espacio virtual que se modifique a la voz de orden. La integración del reconocimiento de la voz, el rastreo del ojo y las comunicaciones gestuales es otro sueño que se remonta al Architecture Machine Group en el MIT, en los años 70; técnicas de reconocimiento del habla, costosas pero de alta calidad, fueron incorporadas en el sistema de RV de la NASA a finales de la década de los 80. La tecnología existente en el ATR en los años 90, sin embargo, es algo más eficiente que los sistemas que crearon Chris Schmandt y Eric Hulteen para hacer funcionar el Put That There en el Architecture Machine Group del MIT a principios de los años 70, o incluso que los dispositivos que la NASA usó hace pocos años.

El ejemplo de voz y gestos está captado en el título de la demostración original de Arch-Mac: usted apunta a un objeto en la pantalla y dice "put that" (pon eso), luego apunta a un lugar y dice "there" (allí). Los investigadores del ATR están trabajando en interfaces hombre-máquina que integran la entrada de la voz con los gestos, y sus colegas en el Visual Perception Laboratory del NTT, en las afueras de Yokohama, trabajan en los lenguajes visuales y verbales que permitirán a la gente describir formas a la computadora diciendo las palabras correctas para controlar las imágenes gráficas: "redondo, ensancha, para, exprime, abolla, extiende, rojo, para" o alguna frase de encantamiento similar que pudiera obligar a la máquina de la realidad a esculpir la imagen que uno tiene en el ojo de su mente. Si bien, quizás hagan falta años para de-

sarrollar una tecnología de reconocimiento del habla accesible que pudiera analizar la conversación, es posible desde ya acoplar una herramienta de construcción gráfica con un dispositivo relativamente económico, más preciso (aunque no perfecto) para reconocer un vocabulario limitado de órdenes. El arte no reside aquí en el hardware, sino en la creación de un lenguaje de órdenes visual-verbal.

Cuando oí hablar de la intención que tenía del ATR para ampliar las posibilidades del sistema Put That There, conjuntamente con el lenguaje de órdenes habladas para la construcción gráfica tridimensional, recordé la noche, siete años atrás, en Silicon Valley, cuando observé cómo Brenda Laurel, Scott Fisher, Mike Naimark y otros jóvenes infonautas del grupo de investigación de los sistemas Atari creaban un guión para semejante sistema. Tomé apuntes cuando Brenda se imaginó a su vez en el timón de un simulador personal de inmersión total comandado por la voz. Esto es lo que escribí en aquel entonces:

> "*'Dame una mañana de abril en una pradera', dijo ella, y el gris fue reemplazado por una mañana soleada. Trozos de cielo cerúleo se veían entre las ramas de los secoyas. Los pájaros gorjeaban. Susurraban los arrollos.*
>
> *"'Hum... borra el bosque de secoyas'—continuó Brenda—. Coloca la pradera sobre un acantilado desde el cual se vea una pequeña bahía esmeralda. Más verde. Cimas blancas.'*
>
> *"Brenda estaba recostada en el centro de la sala. 'El fondo suena bonito —agregó ella—. ¿Dónde lo conseguiste?'*
>
> *"'Los pájaros son autóctonos de la costa del Norte de California —respondió una voz femenina bien modulada pero impersonal—. El arroyo que susurra es de la biblioteca acústica. Es digitalmente idéntico a un riachuelo de Escocia.'*
>
> *"'Hay una isla boscosa en la bahía', continuó Brenda mirando a la isla que apareció al instante allá abajo, donde sólo había agua verde un momento antes."*

Los finos detalles de la fantasía de Brenda Laurel siguen siendo desafíos para los futuros tecnólogos, pero las tecnologías habilitantes gozan de buena salud y crecen rápido en el ATR. En 1983, entre un grupo de prodigios competentes durante el auge de la revolución de los ordenadores personales, era divertido y no terriblemente amenazante, imaginar una sala de medios del distante futuro que pudiera responder a las órdenes emitidas con la voz y crear ilusiones tridimensionales a capricho del usuario. En 1990, en Kansai, al mirar en el laboratorio del ATR el espacio donde se instalaban los componentes de semejante prototipo de sala de medios, las especulaciones sobre un mundo que se convierte en cualquier cosa que uno le ordena parecen menos de ciencia ficción, y se nos antoja más como otra bendición que se puede contemplar desde la industria electrónica de la experiencia.

La ciencia de la presencia en el ATR

> *"La efectividad de una comunicación visual y una operación remota se pueden alcanzar mejor si el observador queda totalmente envuelto en la imagen exhibida mediante una sensación de 'estar ahí'. Esa sensación de existencia virtual o realidad intensificada se activa mediante la técnica de una expresión precisa con pixels y un display de gran campo visual. Sin embargo, estos dos requisitos son contradictorios, porque el ángulo de vista por pixel se deteriora a medida que aumenta el tamaño del campo visual. Para resolver ese problema, se propone y se muestra la construcción de un nuevo sistema de display con gran campo visual, basado en el hecho de que la visión humana es más aguda sobre un área estrecha centrada en el punto enfocado."*
>
> YAMAGUCHI ET AL.
> "Propuesta para un gran display de campo visual empleando el rastreo del movimiento de los ojos", 1989

A partir de su investigación de los elementos perceptuales de la RV —las características de simulaciones tridimensionales que evocan una sensación de presencia—, los investigadores del ATR han concentrado parte de sus esfuerzos en crear enormes pantallas de proyección electrónica "inteligentes". Como los teatros Omnimax e Imax y los primeros prototipos de Krueger y Heilig, este enfoque va en dirección opuesta al paradigma del display montado en la cabeza. En lugar de colocar diminutos displays justo enfrente de los ojos, ¿por qué no colocar al usuario enfrente de una enorme pantalla? ¿Cuáles son las características de los displays de RV que hacen una diferencia? El grafismo tridimensional estereoscópico es posible con gafas electrónicas de obturación y dispositivos de rastreo de la cabeza; el grafismo tridimensional sin gafas especiales existe con sistemas lenticulares de pantalla como los desarrollados en el NTT. Es posible crear aparatos estéreo tridimensionales sin un HMD, en tanto el usuario esté sentado en cualquier otra posición casi inmóvil. El otro propósito de los aparatos fijados sobre la cabeza y de los sistemas ópticos especiales de gran angular que se usan en esos displays, es presentar un gran campo visual. Cuando usted mira una pantalla común de televisión desde una distancia media, la imagen cubre (o subtiende, como dicen los especialistas) unos 6° de su campo visual. Un aparato fijado en la cabeza puede dar al usuario unos 120°, y esa diferencia parece decisiva para crear la sensación de inmersión en un mundo virtual.

Cuando se usa la óptica para ensanchar el display estereoscópico de video a fin de llenar el campo visual del usuario, los elementos luminosos en la pantalla, los ubicuos pixels, no cambian el tamaño de uno con respecto al otro. El "grano" de la imagen parece más grueso. El único remedio es crear dispo-

sitivos de display que representen con precisión imágenes con muchos más elementos representativos por centímetro. Los displays de alta resolución están en el frente de batalla de otra tecnología convergente relacionada con la televisión de alta definición. Tarde o temprano se dispondrá de pantallas en miniatura accesible y de alta resolución. Ahora bien, si usted desea proyectar una imagen de suficiente definición y con todo llenar el campo visual del usuario, una alternativa más factible es la pantalla grande. En el ATR, la estrategia consiste en usar una pantalla muy grande, a un metro y medio delante del usuario, y el desequilibrio entre el campo visual y la gran agudeza se compensa proyectando una imagen exactamente enfocada sólo en el punto de mirada del usuario, con círculos concéntricos de una imagen representada con menos precisión y expandiéndose hacia la periferia del campo. Estamos acostumbrados a ignorar las diferencias, pero así es como vemos el mundo: nítido en el centro y progresivamente más borroso alrededor de los bordes.

El sistema de proyección que montaba el ATR para crear ese efecto cuesta un millón de dólares. El proyector, el rastreador de la mirada, el rastreador de la cabeza y otros componentes habían sido instalados y probados uno por uno cuando yo llegué, pero todavía no habían sido ensamblados. Me instalé en el asiento del espectador, enfrente de la gran pantalla, y ellos imitaron el rastro de la mirada moviendo a mano el proyector de acuerdo con los grandes movimientos de mi cabeza. Parecía la vista aérea de Kioto, con una imagen nítida en el centro de cualquier cosa que yo mirara y una imagen más borrosa en cualquier otra parte. Si las empresas del ATR pueden hallar alguna manera de fabricar aparatos de rastreo de la mirada multiuso remotos y accesibles, la gente como Krueger y Heilig podrían construir los teatros sensibles con los que soñaron durante años.

En la mesa, detrás de la gran pantalla, vi un aparato que atestiguaba su interés por los aspectos multimodales de la sensación de presencia. Cuando usted vea un joystick o un asa conectada con una serie de diminutos motores y articulaciones, puede estar razonablemente seguro de que se está realizando un experimento de realimentación de reflectancia de fuerzas (tacto artificial). En este caso, la caja difería de las versiones electromecánicas usadas en otra partes por el hecho de que los motores ultrasónicos no generaban campos magnéticos, lo que hacía posible su acoplamiento con sensores magnéticos de posición de la mano. La palanca, el joystick reflectante de la fuerza del ATR, tenía tres grados de libertad. El siguiente accesorio previsto era un sensor de fuerza en el extremo del brazo teleoperado del robot, destinado a hacer sentir a la persona los bordes de un objeto remoto. Les pregunté si experimentaban con las texturas, como con la realimentación de fuerza que usaban en la UNC para el anclaje molecular.

—Sí —respondió Dan Lee—, y no sólo con el reconocimiento de la textura, sino también con otros componentes del tacto, como la sensación de penetrar en objetos virtuales o una sensación de manipular imanes en campos magnéticos.

La gente del ATR cumplió con su cometido, compró los mejores equipos e invitó a los mejores investigadores que pudieron atraer. ¿Significa esto que vamos a comprar nuestro servicio de telepresencia a las compañías de telecomunicaciones japonesas? Tal vez. Sin embargo, hay desacuerdo al respecto. Aquellos que recuerdan el proyecto "quinta generación" que montó el Ministerio de Comercio Internacional e Industria (MITI) de Japón a principios de los años 80 recordarán que los planes de investigación japoneses no siempre cumplieron las visiones que los guiaron o las metas planteadas por los directivos de la investigación.

Llegó y se fue el año 1990 y ni los japoneses ni nadie tiene una computadora de escritorio para procesamiento del saber capaz de traducir automáticamente del japonés al inglés. Y al menos un experto que vio varias instalaciones de investigación similares a las que yo visité no está terriblemente preocupado por la competencia japonesa a la investigación y el desarrollo de la RV estadounidense. Cuando volví de Japón, informé al Sci. virtual-worlds —el grupo de discusión de la red de computadoras— sobre lo que había visto en el ATR. Al día siguiente recibí un correo electrónico de Donald Norman, presidente del Departamento de Ciencia Cognitiva en la Universidad de California de San Diego. Norman, a quien yo había entrevistado por un proyecto diferente un año antes, cree que tal vez yo haya dado con una subcultura influyente aunque minoritaria de investigadores japoneses que comprenden la importancia del aspecto humano de la RV y del diseño de la interfaz de computadora, que es la especialidad de Norman.

"Sí, puedo ver que en ellos invierten enormes cantidades de dinero y de gente en el proyecto, pero también veo que no comprenden el aspecto humano de la ecuación —dijo él, por correo electrónico, añadiendo—: Pienso que eso tiene algo que ver con la manera en que la cultura japonesa está afinada para 'seguir adelante'. Los individuos se ajustan al grupo. Los norteamericanos, desde luego, glorifican a los individuos. Si uno está dispuesto a ajustarse a la máquina, no es fácil idear una interfaz hombre-máquina en la cual las máquinas complazcan la idiosincrasia del usuario común. La idea de estudiar psicología junto con la electrónica no era fácil de aplicar. El hecho de que los laboratorios de investigación japoneses visiten mi propio laboratorio y envíen estudiantes de posdoctorado y me inviten para que critique el trabajo de ellos es una señal de que al menos un pequeño subconjunto de investigadores japoneses trata de cambiar las cosas. El ATR y la NTT en general son parte de ese subconjunto. Son una fuerza poderosa en el mundo de la investigación, pero no son los únicos."

Una conversación con Donald Norman, sobre todo acerca del diseño de interfaces, es forzosamente incisiva y picante. La mayor parte de los proyectos son malos o inexistentes y él tiene la costumbre de señalar exactamente donde está el problema, desde imposibles pomos de puertas hasta interfaces inhumanas de computadoras. Norman fue consultado por muchos de los proyectistas de interfaces modernos, desde la IBM hasta Apple, y, cuando se le

invitaba a dirigir la palabra a los diseñadores de interfaz humana japoneses, él les decía, en su forma habitual directa de hablar, que ellos permanecerán en la oscuridad mientras proyecten sistemas que usen a los humanos sin recurrir a quienes los comprendan, es decir, a los psicólogos. Ahora bien, parece que algunas instituciones de investigación japonesas siguen su consejo. Le volví a preguntar por correo electrónico: "¿Qué ocurre entonces? ¿Qué ocurrirá si ellos invierten dinero y gente en la RV y contratan psicólogos también?".

"Los investigadores japoneses tienen grandes planes —respondió Norman—, pero no son distintos de los investigadores en todas partes: los sueños y las palabras superan la realidad. Muchos laboratorios japoneses me recuerdan el Media Lab del MIT: mucho resplandor, pero me pregunto si hay allí mucha sustancia. El Media Lab del MIT es pura demostración. Si usted me pregunta, le diré que ellos piensan muy poco seriamente en las ideas que exhiben. Los japoneses son más modestos, pero aun así, no he visto ningún avance fundamental en lo que entendemos como experiencia de una telepresencia que llegue desde Japón. El hecho está en que es muy difícil colmar esos sueños. A veces hacen falta diez años para adquirir el conocimiento, y otros diez años para tecnificarlo. Los japoneses no son supercientíficos; no pueden andar más rápidamente que cualquier otro: En mi opinión, el científico o el ingeniero japonés es muy parecido al científico o ingeniero norteamericano. Ni mejor, ni peor. No deberíamos esperar milagros de ellos, y en especial avances creativos. Sin embargo, donde los proyectos requieran trabajo y dedicación es probable que ellos se destaquen."

Norman me recordó otra regla empírica que es sobre todo aplicable a proyectos de RV a gran escala en cualquier parte, el "Hombre Mes Mítico" de Frederick Brooks. Como dijo Donald Norman: "El equipo acertado podría hacer una mejor investigación y desarrollo con menos trabajadores si se les encomendara que fueran innovadores y creativos. Los grandes proyectos conducen a un enorme aparato administrativo y muchas reuniones y esfuerzos especiales para mantener la 'armonía' y 'la moral'. Pero se invierte tanto tiempo con esos esfuerzos, sobre todo en Japón, y hay tanta preocupación por tratar a todos por igual, que es de sorprenderse cuán poco se logra. Me importaría mucho más si usted me dijera que una docena de investigadores de categoría mundial están trabajando en cualquier parte en secreto para desarrollar la realidad virtual".

Quizá tenga razón. Por otra parte, la gente tenía ideas erradas acerca de los adelantos tecnológicos de Japón, le recordé a Norman.

Norman me contestó: "Yo no estoy subestimando a los ingenieros y científicos japoneses inteligentes e industriosos. Pero no debemos sobreestimarlos. ¿Debemos estar alerta ante la posibilidad de que los japoneses puedan adquirir predominio en alguna industria futura de RV? ¡Sí!, pero no porque los japoneses sean superpersonas. Debemos interpretar los esfuerzos de forma seria porque ellos captan los problemas correctos y los resuelven. Con algunas excepciones, el desarrollo tecnológico norteamericano se ha convertido más

en objeto de conversaciones que de acción. Perdimos el partido de los automóviles, el partido del video, el partido del audio, porque ni siquiera procuramos competir. Podemos perder la jugada de la TV de alta definición y probablemente perderemos la jugada de la RV, no porque ellos sean mejores, sino por la inactividad de los norteamericanos y su falta de disposición para invertir el tiempo, el dinero y la gente necesarios en el proyecto. El tiempo es un aspecto en que el método japonés es indiscutiblemente superior: los norteamericanos desean resultados en meses o años. En Japón, están preparados para esperar durante años y décadas".

Jaron Lanier, que viaja regularmente a Japón y hace negocios con las empresas japonesas, se hizo eco de la evaluación de Don Norman cuando discutimos con Lanier las posibilidades japonesas en RV: "A raíz de que Estados Unidos han experimentado algunas dificultades financieras y algunas caídas industriales, hay una tendencia a sobreestimar a los japoneses. Hoy versiones malhadadas de que los japoneses 'se harán cargo' de la RV. Los japoneses tienen fe en la planificación y tenderán a anunciar un plan de largo alcance aun cuando sean en realidad novatos vacilantes en RV, como el resto de nosotros. Si atribuimos a los japoneses una cualidad sobrenatural, no los vemos como son realmente, y eso resulta destructivo para una colaboración".

Una evaluación objetiva de lo que yo vi en el ATR me llevó meses para leer los informes de investigación y consultar a expertos como Donald Norman. Pero la cabeza me zumbaba cuando abandoné el laboratorio azulejado (el director del laboratorio me mandó a la estación de ferrocarril en su coche y el conductor). Tomé el último tren de la tarde desde Takanohara para pasar mi primera noche en Kioto, una ciudad que tiene alma, como San Francisco o Venecia. Y como otras ciudades que parecen tener una personalidad, Kioto tiene sus propias fuerzas inevitables de mortalidad. Lo que son los terremotos para San Francisco y las inundaciones para Venecia, lo es la hipermodernización de una antigua cultura para Kioto, una bonita ciudad de estilo antiguo invadida de pronto y rodeada por hormigón y antenas, urbanizaciones y discotecas. ¿Quedarán involucradas las maravillas tecnológicas de Kansai Science City en la destrucción de la gloria que fue Kioto? Cené con un individuo que participaba en las actividades de preservación ambiental en la vecindad de Kioto. Le preocupaba el futuro que Japón pudiera estar preparando en sus ciudades científicas, aunque los activistas ambientales japoneses se mantuvieran en contacto entre ellos y con otros grupos populares mediante un sistema de conferencias por computadora. Los juicios morales en blanco y negro sobre los efectos de la tecnología que he descubierto son cimientos muy inestables cuando los sistemas de comunicación cambian radicalmente.

11

“Visual, inteligente y personal”

“Nuestra compañía, la NTT, acaba de declarar su futura visión de la tecnología del siglo XXI. *La frase clave es ‘VI&P (Visual, Inteligente y Personal)’.”*

YOSHINOBU TONOMURA
Ingeniero jefe de investigación, NTT, 1990

“Creemos que las tecnologías de interfaz humana jugarán un rol decisivo, harán más fáciles y efectivas las comunicaciones y las tecnologías informáticas al aumentar las aptitudes humanas para pensar y compartir ideas... La comunicación fue interpretada durante largo tiempo como telecomunicación electrónica en un sentido físico. Creemos que es nuestro deber adoptar un concepto más elevado de la comunicación: comunicación interpersonal (o interacción entre humanos) que no puede ser captada por el esquema representado por el modelo de comunicación de siete capas de la ISO.”

TAKAYA ENDO Y HIROSHI ISHII
Ingenieros jefes de investigación, NTT, 1989

Los elegantes prototipos son una cosa. Los modernísimos equipos informáticos que incitan la codicia técnica personal, son otro asunto. La Nippon Telephone and Telegraph tiene el mayor porcentaje de amplificadores de la mente que me gustaría llevarme a mi casa desde la primera vez que me senté ante una Alto en el PARC, a principios de los años 80. Ellos empezaron con algo que hoy parece una diversión fascinante pero podría ser una parte clave de las comunidades virtuales de mañana y que yo hubiera deseado deslizar en mi maleta. Yoshinobu Tonomura me sentó delante de un prototipo que da un comunicador ciberespacial. Una pequeña cámara estéreo incorporada a la unidad transmitió una imagen de video tridimensional de mi cara y torso a la

unidad receptora; en mi pantalla, vi una representación en tiempo real en miniatura pero sorprendentemente realista y tridimensional de la persona que estaba en el otro extremo de la línea. La persona que estaba a cargo de la demostración presionó un botón en un conmutador y me encontré mirando una pequeña versión de mí mismo, flotando en el aire entre la pantalla y yo, y que se movía cuando me movía yo. Lo más asombroso era el hecho de que no necesitara ponerme guantes ni gafas. Era un dispositivo pequeño, pero podría significar un gran paso hacia la "RV inalámbrica", un ciberespacio en el cual los participantes pueden hacer contacto visual, usar el lenguaje del cuerpo, transmitir expresiones faciales. Cuando empiecen a vender esas cosas, y haya una red capaz de manejar los chorros de información que intercambiarán, seré probablemente uno de los primeros en adoptarlo.

Después de la demostración tridimensional sin gafas, la gente de la NTT me mostró algo que yo en realidad podría usar hoy en día, si tuviera una red de colegas equipados de forma similar. Hiroshi Ishii me mostró orgulloso su propio TeamWorkStation, uno de los pocos prototipos de equipos informáticos de multimedia que lo conectaba con otros investigadores en el laboratorio. Los investigadores especialmente pertrechados estaban todos consagrados a la disciplina de "trabajo cooperativo asistido por computadora", e Ishii habló con fe del día en que las TeamWorkStations converjan con las tecnologías de telepresencia para crear grupos de trabajos virtuales en el ciberespacio. Tuve mucho placer en presentar al señor Ishii, vía correo electrónico, a Douglas Engelbart, después de volver a casa. Las videocámaras, las comunicaciones por voz, la gráfica computacional y diversas combinaciones que surgen de ahí, junto con un teclado, un ratón, un dispositivo de dibujo a modo de lápiz y una pantalla mucho más grande que las generaciones actuales de ordenadores personales, proporcionaron a Ishii una versión moderna potente del tipo de trabajo cooperativo demostrado en el ARC a fines de los años 60. No me sorprendería ver algo como esto sobre mi escritorio dentro de unos pocos años. Me topé con una Alto en 1983, y siete años más tarde tenía una Macintosh mucho más potente en mi mesa.

Recibí un correo electrónico del señor Ishii esta mañana, y un video del señor Tonomura, que registró una conversación que yo había tenido con el señor Ishii hace varios meses. Mi visita al Laboratorio de Interfaz Humana de la NTT en Yokosuka sigue trayéndome recuerdos, meses después, por correo electrónico de una u otra clase, lo cual no es tan insólito si se considera cómo llegué allí la primera vez.

Empecé con muy pocas ideas sobre lo que iba a suceder, con respecto a la RV, en Japón. Las actividades de RV en Japón no eran demasiado visibles, si uno no leía japonés. Las actas anuales de la Society for Information Display y otras revistas especializadas habían publicado traducciones en inglés de artículos escritos por investigadores en la NTT y el ATR. Los títulos de esos informes eran sugerentes en cuanto a las actividades de investigación que se realizaban en RV en Japón: "Técnica de videograbador y display estereoscópica a todo color sin gafas especiales", "Display de proyección de TV tridimensio-

nal con rastreo de la cabeza", "Un espacio común virtual en ISDN de banda ancha". En la conferencia de Santa Bárbara, oí al doctor Susumu Tachi, que describía su investigación sobre robots manejados a distancia en el contexto del desarrollo nacional de robótica a largo plazo en Japón. El patrocinador de Tachi, el Ministerio de Comercio Internacional e Industria de Japón, no era una organización de poco peso. Había otros indicios. Jaron Lanier había mencionado que la VPL parecía vender cada vez más artículos de RV a los investigadores japoneses. Todo lo que me quedaba por hacer era transportarme hacia una cultura muy extraña y notoriamente costosa, que yo nunca había visitado antes, descubrir una historia basada en mis pistas, luego convencer a los principales ingenieros y gerentes de investigación de la RV que me dejaran incursionar en sus realidades, aun cuando yo no entendiera más que una docena de palabras de su idioma.

La sincronía de la RV jugó otra vez: sorpresivamente, me invitaron a pronunciar el discurso de apertura en Japón ante una asamblea de varios cientos de especialistas pertenecientes a la élite informática del país. Una persona que yo conocía de los círculos de redes electrónicas, una norteamericana, me llamó por teléfono y me dijo que hablaba de parte de alguien en Japón, que organizaba una conferencia sobre el futuro de las telecomunicaciones. El patrocinador, Izumi Aizu, del Instituto de diseño de redes, había querido que el discurso de apertura lo pronunciara Douglas Engelbart, pero éste no podía hacerlo. Yo era el siguiente en la lista, según parece porque había atraído su atención al trabajo de Douglas Engelbart.

—Bueno, sí, podría hacerlo —contesté.

La intermediaria norteamericana me volvió a llamar a la mañana siguiente y me preguntó qué querría yo en compensación por mi discurso. Le dije que deseaba ver qué tenían para mostrar los genios de investigación y desarrollo de Japón, S.A., en el dominio de la realidad virtual.

Después de tres rondas de conversaciones telefónicas para aceptar la invitación, empecé a hablar directamente con mi anfitrión japonés. Izumi Aizu era la persona que deseaba que yo pronunciara el discurso para la conferencia que él organizaba. Me dijo en un inglés que era casi mejor que el mío, que él actuaría como intérprete y mencionó que conocía a la mejor persona en Tokio para preguntarle acerca de la investigación de los japoneses sobre la RV. En realidad, la persona que me había recomendado a Izumi Aizu era la misma que sabía cómo introducirme en los niveles más altos de investigación de la RV. Resultó un arreglo perfecto. Yo pronuncié mi discurso, luego fui de un lado a otro de Japón a la velocidad de Tokio, de acuerdo con un itinerario que me transmitían más o menos, casi siempre a través de intermediarios. El proceso se volvió menos misterioso cuando conocí gente que me llevó a esa exploración desde el lado japonés; ahora son amigos y puedo ver que sus protocolos sociales indirectos son más un asunto de código contextual que un intento por su parte de crear un misterio. La comunicación en Japón, y con los japoneses en cualquier parte, implica mucho más que el texto de las palabras habladas.

El señor Tonomura, ingeniero jefe de investigación en el Laboratorio de Medios Visuales de NTT, formaba parte del auditorio cuando pronuncié mi discurso sobre "Herramientas de pensamiento y comunidades de las mentes" en el *hypernetwork* futuro. El término *hypernetwork* fue propuesto por Izumi Aizu como un nombre para la esperada convergencia de tecnologías de telecomunicaciones y multimedios, que tenía en ascuas a la vanguardia informática japonesa. Este supercanal de comunicación estaba en el proceso de una década de implementación mundial, de modo que las imágenes del mundo que esa tecnología tal vez hiciera posible eran temas serios de debate en Japón, en diversos lugares del complejo tecnológico informático, desde los diseñadores de chips hasta los investigadores de la realidad virtual. Cuando las redes industriales vertical y horizontal en Japón empiezan a pensar en el mismo tema, los resultados pueden afectar las fortunas de millones de personas en Detroit o Silicon Valley. Sea que sus metas tecnológicas tengan éxito o no, las fantasías son algo que los planificadores japoneses han descubierto y creado en abundancia. No es tan importante si han inventado ellos mismos el lema; es más importante que el nuevo término o la nueva consigna resuma un conjunto de decisiones y valores referentes a la dirección del proyecto de largo alcance. Las consignas que suscitan esas actividades pueden ser tan terrenales como "fibras para el hogar" o tan osadas y misteriosas como "la quinta generación", pero señalan una postura mental compartida entre gente que tiene el poder de hacer que las cosas ocurran.

A diferencia de la situación más variada (algunos dirían "caótica") en Estados Unidos, parece que hubiera un acuerdo general entre los líderes de la televisión, las telecomunicaciones, la industria informática y electrónica en Japón acerca de una estrategia nacional de las telecomunicaciones. Los planificadores japoneses operan con la certeza de que la mayor parte de su propia nación estará conectada con una infraestructura de comunicación mucho más poderosa que la conocida hoy en día, mediante canales de información de ancho de banda muy alta. Ahora mismo, mientras los principales sistemas de comunicación en Norteamérica libran guerras técnico-religiosas por estándares técnicos incompatibles, los políticos norteamericanos concentran sus energías en preocuparse, preguntándose si esas nuevas redes traerán pornografía a sus hogares, los periódicos norteamericanos procuran evitar que los canales televisivos los manden a la quiebra entregando información por cable, las compañías de teléfonos y las de entretenimientos norteamericanas se preguntan si debieran asociarse o ir a la guerra, la investigación de defensa estadounidense distrae fondos de potenciales avances y se concentra en proyectos políticamente astutos pero técnicamente triviales, y los innovadores norteamericanos se encuentran empantanados en litigios y burocracia cuando tratan de hacer progresar el estado de su arte, el liderazgo japonés se ha impuesto una meta compartida específica que llaman "la ISDN de banda ancha". Tienen la clara visión de los microchips que necesitan fabricar, de la infraestructura de cables de fibra óptica que deben instalar, la arquitectura in-

formática que deben diseñar, la investigación de la realidad virtual que deben proseguir.

Aunque implementar esos canales en hardware y software entrañe serios problemas técnicos, la idea central de un ISDN (Red Digital de Servicios Integrados) es sencilla: todos los tipos de señales —bibliotecas llenas de textos, orquestas, "sitcoms"— pueden reducirse a forma numérica y enviarse en forma de bits a velocidades muy grandes por las grandes redes, para ser decodificadas y representadas en terminales domésticas cada vez más "inteligentes", de información, entretenimiento, comunicación o educación. Los chips dentro de los televisores estándares de fines de los años 90, podrán aventajar a las "mainframes"[1] de los años 80. Diversas compañías norteamericanas están experimentando con diferentes formas de ISDN; las instituciones internacionales de estándares procuran encontrar una forma de mediar entre una ecología mundial de estándares técnicos en competencia. El vendedor de telecomunicaciones más grande de Japón ha decidido usar una combinación de hardware y software especial de comunicación que despache unos 600 millones de bits de información por segundo a cada uno de los millones de nodos (se podría enviar una enciclopedia en unos cuatro segundos o una media hora de video, comprimido, en el mismo intervalo). Con una máquina de la realidad en una cierta cantidad de nodos, y la vestimenta adecuada, será posible empezar a enviar realidades a través del tubo de ISDN. De este tipo será la contribución de la NTT a la investigación de la RV.

La Nippon Telephone and Telegraph, cuyo interés en crear la carretera de información de alta velocidad en sustancial, me ha transmitido cortésmente a través de un intermediario que algunos de sus investigadores principales estarían honrados si yo les pudiera decir lo que sabía acerca del estado de la investigación en RV en todo el mundo, seguido de una breve sesión en la que les ayudaría a captar mis conocimientos. Y después ellos me mostrarían sus productos de RV.

La NTT grabó en video las sesiones y me dio una copia, de modo que ahora tengo la oportunidad de verme vistiendo un traje negro a rayas, camisa de color durazno y corbata amarilla, sentado en una sala de un laboratorio de investigación en las afueras de Yokohama, dando una conferencia a una docena de ingenieros de investigación sobre los cambios impredecibles que sobrevendrán en la sociedad gracias a los productos y servicios que ellos estaban elaborando. Observar el video es doloroso e instructivo: yo uso las manos mucho más de lo que quisiera admitirlo y nunca lo he advertido. Juego con los dedos y las tazas de café con ritmos en los que parecería confiar para extraer las palabras de mi boca y encadenarlas formando frases. La figura en la pantalla, a quien reconozco por ser yo mismo, pero que no se comporta del todo como yo creo que me comporto, dibuja carpas y arañas en el aire, con los dedos, dirige a su auditorio como a una orquesta silenciosa, con un lápiz sostenido entre el pulgar y el índice y manejado como una batuta.

1. Computadoras grandes. *(N. del T.)*

Fue una sorpresa para mí ver cómo usaba yo los gestos que nunca tuve conciencia de haber usado; nunca presté atención, antes de ver la cinta, al hecho de que a menudo usaba los antebrazos y las palmas de las manos a modo de un molino de viento para indicar sistemas que funcionan en dos sentidos, transacciones, lazos de realimentación. Fuera de la ventana, en el octavo piso de la organización de investigación y desarrollo de la NTT, el paisaje se acercaba al foco y se alejaba de él mientras que la lluvia brumosa se disipaba y volvía. Verme de pie allí, con el paisaje primaveral salpicado de flores, visibles en forma intermitente por la ventana que estaba detrás de mí, era suficiente para hacérmelo recordar todo.

El canje demostraciones por conferencias me pareció un arreglo perfectamente equitativo, y una oportunidad intelectual fascinante: por una serie de circunstancias fuera de mi control, ocurrió que hubiera de discutir unas dos horas el futuro de la RV con los gerentes y los ingenieros de investigación que hacían punta de lanza en la campaña japonesa para configurar las telecomunicaciones futuras en el mundo. ¿Qué era lo más útil que podría hacer yo ante una oportunidad como ésa? ¿Qué sabía yo que cría que ellos debían saber? Si yo pudiera decirles en qué era importante pensar con respecto a la RV y a las telecomunicaciones, ¿qué sería eso? Por suerte tuve cierta ayuda al imaginarme todo eso, justo a tiempo.

Viajé a NTT en una limusina proporcionada por *Asahi Shimbun*, el periódico líder de Japón. Me acompañaban Katsura Hattori, el periodista científico de *Asahi Shimbun*, y Ankihiko Okada, un fotógrafo que solía trabajar con Hattori. Como los trozos de la historia que yo me imaginé por mi cuenta encajaban con lo que él me contó, comprendí en primer lugar que Hattori era también el hombre que se había proyectado a través del espacio virtual y me había atraído a Japón. Al día siguiente de haber dicho a mis intermediarios lo que yo buscaba en Japón, aun antes de haber hablado con Izumi, encontré correspondencia electrónica de Hattori en mi caja de correo de la red. Se presentaba a sí mismo como un lector entusiasta de las traducciones japonesas de mis libros y me dijo que tenía en preparación un artículo sobre la RV para su periódico. Intercambiamos correo electrónico durante semanas, antes de encontrarnos en Tokio. Por suerte, mi propuesta encajaba en su narración, de modo que él y yo terminamos viajando juntos a varios sitios de investigación de la RV en Japón. Con el tránsito que hay en los alrededores de Tokio, siempre salíamos temprano y teníamos mucho tiempo para conversar en la limusina de la empresa acerca de "Todo Lo Que Eso Significaba".

Hattori había pasado dos años en el Laboratorio de medios del MIT, estaba interesado en las tecnologías informáticas nuevas y era un entusiasta del correo electrónico. Como la persona con más amplios conocimientos técnicos en una enorme empresa informática, Hattori es más que un simple periodista; como su permanencia en el Media Lab indicara, era también la punta de lanza de su empresa en el mundo de las nuevas tecnologías informáticas. Recordé que él había participado en una discusión entre gente de todo el mundo, que

había tenido lugar en mi sistema de conferencias local ("¿Tenido lugar?" Hum). Cuando mi libro *Tools for Thought* se publicó en japonés, Hattori se apropió de él. Se enteró de cuántos investigadores había en campos relacionados con informática y medios de comunicación que estaban maduros para las ideas presentadas en el libro. Los protagonistas de la historia era visionarios tecnológicos y una clara visión que sirviera de guía es exactamente lo que estuvieron buscando tanto los tecnólogos como la población japonesa en general, en respuesta a la expansión del poder económico japonés que acompañó al éxito de las industrias impulsadas por la tecnología.

Asimismo la visión de un acrecentamiento personal era atractiva para un auditorio japonés; una fuerte visión de un mundo futuro de obreros del saber a los que se podría potenciar por la creación de nuevas tecnologías ha sido un tema importante en Japón durante cierto tiempo. La idea de usar máquinas electrónicas para amplificar la inteligencia es un concepto natural que se combina con otras tendencias en la cultura japonesa. El *groupware* que emula los sistemas de trabajo en grupos, promovido por Engelbart, es un tema apasionante en una sociedad en que los valores de grupo son supremos. Los ordenadores personales son intrínsecamente elementos individuales, hasta que se los conecta con los sistemas de telecomunicación y con el trabajo grupal.

Yo no estuve en Japón por negocios, hablando estrictamente, pero seguía estando allí para consumar una transacción. Yo quería obtener información de ellos. Y ellos querían información de mí. De eso tratan la ciencia y el periodismo. Aunque yo no soy ni científico ni periodista, en el sentido estricto de cualquiera de los términos, en ese tiempo mis viajes me habían convertido en un correo, un mensajero de ideas oídas en conferencias en Texas o Kyushu, de artículos publicados en revistas secundarias, y direcciones de correo electrónico de personas que están a medio mundo de distancia entre sí y que convergen en las mismas metas de investigación. Los gerentes de investigación japoneses tenían una oportunidad para transmitir un mensaje junto con su información, y lo mismo me ocurría a mí. Ellos, por cierto, no necesitaban que yo les contara lo que ocurría en la UNC o en la conferencia de Santa Bárbara. Esa gente hacía su trabajo y no tenían miedo a viajar. Lo que probablemente no obtenían de su reseña corriente de la investigación era algo que en aquel momento yo estaba preparado para proveer: opiniones sobre la profundidad de la transformación social que podía desencadenar la televirtualidad y sugerencias explícitas sobre lo que podíamos hacer para anticiparnos a esa revolución.

El siglo XXI ocupa mucho la mente de las personas como las que encontré en la NTT y el ATR. En verdad, a principios de los años 90, ellos estaban en el proceso de reforzar la visión de un futuro fomentado por la comunicación que habían creado para que sirviera de guía a la investigación durante los diez años siguientes. No fue un ejercicio ocioso, porque representó a gran parte de la élite de investigación y desarrollo de la primera empresa de comunicaciones en Japón, S. A. Qué estaba haciendo yo allí, dándoles conferencias

sobre el aspecto humano de la evaluación tecnológica, era algo incomprensible para mí, otra más de una larga lista de actividades en las que nunca pensé que mi interés por la RV me atraería, hasta que así ocurrió.

Primero, dije a los investigadores de la NTT todo lo que podía contarles en una hora sobre la situación de la investigación mundial de la RV: sobre cómo se sentía uno tocando moléculas en Chapel Hill, sobre los CRT diminutos, de alta resolución, que yo había visto en las oficinas de Tom Furness en Seattle, y el experimento de comunicación intercultural propuesto por el puerto de Seattle, así como algunas anécdotas obligatorias de Jaron Lanier. Una vez expuesto el panorama tal como yo lo veía, lo señalé y declaré que los investigadores de comunicación televirtual estaban tratando con algo más grande que una empresa, una industria o una nación, y propuse que era el momento de crear nuevos canales y mecanismos de comunicación mundiales para cooperar cruzando las fronteras obsoletas, antes de que el ímpetu tecnológico supere la capacidad de cualquiera para dominarlo. Hablé sobre los principios técnicos y científicos de las disciplinas de RV, empezando con Engelbart, Licklider y McLuhan, y seguí adelante hasta llegar a Fred Brooks, Myron Krueger y Scott Fisher. Había en la sala una docena de ingenieros e investigadores, un par de ingenieros jefes que dirigían varios departamentos de investigación y el señor Hiroshi Yasuda, gerente ejecutivo del Visual Media Laboratory. El doctor Yasuda y varios otros hablaban inglés fluidamente, de modo que seguimos la reunión sin intérprete.

Cuando empecé a hablar acerca de los sistemas sociales y la cooperación universal, al rostro del señor Ishii se iluminó. Uno puede deducir muchas cosas de una expresión facial, cuando la gente quiere que se lea en ellas, en Japón. El problema es que la gente a menudo no quiere que se lea la expresión facial, sobre todo en situaciones como ésa. Yo podía medir la exaltación de Ishii, sin embargo, por sus ojos bien abiertos. Más tarde, cuando me hizo visitar el laboratorio, empezamos a conversar sobre el trabajo grupal de la RV y la comunicación intercultural. Después de volver a Norteamérica, nos mantuvimos en contacto por el correo electrónico y finalmente lo alenté a que escribiera un artículo sobre trabajo cooperativo apoyado por computadora y las herramientas de comunicación interculturales para *Whole Earth Review*, una revista que había publicado mis primeros informes sobre el ciberespacio.

"Tengo una hija de cinco años —dije a la superioridad de investigación de la NTT hacia el final de mi charla, y agregué—: Apuesto a que algunos de ustedes tienen hijos o nietos que llegarán a la mayoría de edad cuando funcionen las tecnologías televirtuales. Por la historia de los medios de comunicación como el teléfono y la televisión, sabemos que las revoluciones de comunicación cambian el estilo de vida de la gente, sus percepciones y convicciones. Ahora estamos hablando de una herramienta para cambiar lo que llamamos realidad. ¿En qué clase de realidad, entonces, deseamos que vivan nuestros nietos? ¿Es más importante que sea una realidad de la NTT o una realidad norteamericana o que sea una realidad humana, que capacite a nuestros hijos?".

Ellos no dieron respuestas a mis preguntas retóricas. Y saltar con una respuesta a un interrogante como ése sería un proceder no japonés. La vehemencia constante de personas como el señor Ishii y el señor Tonomura demostraron para mi satisfacción que están interesados en responder a los desafíos sociales que plantean sus tecnologías.

Luego me mostraron los futuros sistemas de comunicación que estaban proyectando y construyendo. Eso era algo más que una respuesta.

Vizthink: el laboratorio de medios visuales en la NTT

"El pensamiento visual penetra toda la actividad humana, desde lo abstracto y teórico hasta lo terrenal y cotidiano. Un astrónomo pondera un suceso cósmico misterioso; un instructor de fútbol considera una nueva estrategia; un automovilista conduce su coche por una autopista desconocida; todos piensan visualmente. Usted está en medio de un sueño; usted proyecta lo que se va a poner hoy; usted está poniendo en orden el desbarajuste que hay en su escritorio: usted está pensando visualmente.

"Los cirujanos piensan visualmente para realizar una operación; los químicos, para construir modelos moleculares; los matemáticos, para considerar relaciones espacio-tiempo; los ingenieros, para diseñar circuitos, estructuras y mecanismos; los administradores, para coordinar y administrar el trabajo; los arquitectos, para coordinar la función con la belleza; los carpinteros y mecánicos, para traducir planos en cosas."

ROBERT H. MCKIM
Whinging Visually, 1980

"... investigar nuevos servicios de información de banda ancha, que permitan a los usuarios un acceso rápido y fácil a la información de multimedia de fuentes diversas, se convirtió en un objetivo importante... Una interfaz avanzada entre las personas y las bases de datos es esencial para comprender el ambiente del 'pensamiento visual', para el trabajo creador con materiales visuales, como la toma de decisión en oficinas o laboratorios, el diseño visual artístico o comercial en campos diversos."

NTT VISUAL MEDIA LABORATORY
Informe anual, 1989

Después de hablar unas dos horas, fue un alivio entrar en el laboratorio, sentarme y colocar mis manos en un equipo de demostración. Como mi primera prueba de ciberespacio en la NASA, más de un año antes de que yo vi-

sitara la NTT, mi primera demostración en el Laboratorio de Medios Visuales de la NTT me convirtió en un creyente. Me senté junto a un escritorio y allí, en una pantalla de color de 7 pulgadas, una mujer joven adelantó su mano, a través de la pantalla, en el espacio, hacia la mía. Era una pantalla de display de cristal líquido (LCD), que otros fabricantes japoneses se habían comprometido a fabricar en miniatura para los televisores de bolsillo. No me había puesto gafas especiales. En la NASA, estuve dando tumbos con el HMD en la cabeza, vi el estado de su mundo de prototipo primitivo e imaginé qué podría ocurrir al cabo de una década de investigación y desarrollo concertados. En la NTT contemplé los esfuerzos que ellos invertían en los componentes de display de una RV inalámbrica, y comprendí que un display instalado en la cabeza, aun el más liviano e inocuo, podía ser un artefacto provisional del estado de desarrollo actual, como lo había declarado Myron Krueger en los años 70. Así como las futuras generaciones de las cámaras de reconocimiento del gesto que yo vi en el ATR o las versiones del Videodesk de Krueger podían eliminar la necesidad de colocarse guantes o trajes especiales algún día, las futuras versiones del sistema de display visual estereoscópico en la NTT podrían eliminar la necesidad de los displays montados en la cabeza.

El display tridimensional de la NTT combina una vieja tecnología óptica —el sistema autoestereoscópico de lentes lenticulares— con las modernas tecnologías habilitantes de displays de cristal líquido y dispositivos de rastreo de la cabeza. Los lentes lenticulares es el artilugio estéreo óptico que da a la imagen una impresión de profundidad. *Autoestereoscópico* significa que el efecto estéreo se logra sin dar a los espectadores gafas especiales. La consola del display también tienen una cámara CCD estéreo (otra tecnología japonesa de vanguardia) que me enfocaba de modo que yo podía alternar la posición entre la demostración grabada de antemano y una imagen tridimensional de mí mismo mirando a una imagen tridimensional de mí mismo. Extendí la mano y toqué algo: era yo mismo. Mi mano atravesó una diminuta imagen espectral de sí misma. La figura saltó fuera de la pantalla y flotó en el espacio. Cuando moví la cabeza horizontalmente, franjas negras verticales atravesaron la imagen, pero ésta retuvo su tridimensionalidad. No me rodeaba, por cierto. Parecía más bien que uno miraba por una ventanita sobre otro mundo tridimensional.

Quizás uno se pregunte por qué una compañía de teléfonos está tan interesada en simular la percepción visual humana de las escenas tridimensionales. La respuesta reside en otra consigna que representa una conceptualización de tecnologías futuras: "pensamiento visual". La comunicación visual abarca todo, desde la caligrafía hasta los gestos, desde imágenes hasta expresiones faciales, desde modelos visuales hasta el lenguaje del cuerpo, y el tiempo durante el cual estamos expuestos a las imágenes aumentó espectacularmente desde que se introdujeron los medios electrónicos. En este momento, miles de millones de sistemas visuales humanos en el mundo absorben información de las fotos, videos, filmes, símbolos, pixels, señales, logos y pictografías, lanzados des-

de carteleras, revistas, periódicos, películas, televisores, graffiti y terminales de computadora. A pesar de la incesante tormenta de símbolos visuales, pocos norteamericanos cultos nos consideramos capaces de expresarnos visualmente o usando imágenes para comunicarnos.

Para eso vamos a ver a los profesionales. Ante la evidencia de que la visión binocular ha sido un sostén del bagaje de rasgos de supervivencia de nuestra especie durante millones de años, ¿no es extraño que la comunicación visual no sea un lenguaje común, salvo en las agencias de publicidad y las escuelas de arte? Los globos oculares, después de todo, son el lugar en que el cerebro conoce el mundo. Lo cual significa que algo sin precedentes debe estar ocurriendo en nuestras mentes como consecuencia de ese vuelco reciente en la entrada óptica. Algunos investigadores japoneses creen que éste es un punto de apoyo para la tecnología japonesa, en la que nuevas interfaces de computadora y medios de comunicación pueden combinarse con aptitudes especiales de la postura mental que acompaña la fluidez del lenguaje japonés escrito.

La escritura japonesa, basada en pictogramas kanji de origen chino que retienen un contenido tanto pictórico como semántico, es naturalmente un lenguaje visualmente rico. Personas y árboles, bueyes y ríos, fuerzas naturales y actividades humanas reconocibles parecen surgir de algunas figuras kanji cuando se las señala. El acto de aprender a expresarse en kanji requiere un entrenamiento del pensamiento visual. Los niños norteamericanos aprenden 26 letras, escritas generalmente con lápices. Los niños japoneses aprenden a pintar centenares de pictogramas. Al menos un distinguido investigador japonés ha alegado que, debido al pensamiento pictórico estimulado por kanji, los lectores japoneses usan una parte de su cerebro diferente de la que usan los lectores de lenguajes alfabéticos.

En Norteamérica y en el resto del mundo no kanji, las nuevas tecnologías de comunicación y los nuevos conocimientos sobre el funcionamiento de la mente humana están cambiando la actitud tradicional con respecto a la idea de que la expresión visual está sólo reservada a los "talentosos". Y el ritmo del cambio parece acelerarse debido al constante desarrollo de los ordenadores personales que usan el grafismo. Lo que es más importante es que la nueva revolución no sólo se refiere a las nuevas herramientas. Abarca nuevos métodos de usar las herramientas. Como todas las revoluciones, trata de un nuevo modo de ver. Un experto norteamericano, Rudolph Arnheim, escribió un libro sobre el pensamiento visual, destacando la importancia del sentido de la visión en el pensamiento y la comunicación y señalando una constante deficiencia en nuestras instituciones educacionales:

> *"Se descuidan las artes porque éstas se basan en la percepción, y se desdeña la percepción porque no presupone la participación del pensamiento.*
>
> *"En realidad, los pedagogos y administradores no se permiten conferir a las artes una posición importante en los planes de estudio, a menos que entiendan que las artes son los medios más poderosos de reforzar el compo-*

nente perceptivo sin el cual el pensamiento productivo es imposible en cualquier campo de estudio académico.

"Lo que más falta hace no son más estudios estéticos o más manuales esotéricos de instrucción artística, sino dar mayor peso al pensamiento visual en general. Una vez que comprendamos la teoría, podríamos tratar de enmendar en la práctica la poco saludable división que debilita el entrenamiento del poder de razonamiento."

Algunos gerentes de investigación japoneses parecen haber leído a Arnheim. Cuando el señor Tonomura me envió el video de mi conversación con el señor Ishii y los ingenieros investigadores, escribió una carta informándome que "Nuestra compañía, NTT, declaró recientemente nuestra futura visión de la tecnología del siglo XXI. La frase clave es 'VI&P' (Visual, inteligente y personal). Nuestra división es responsable principalmente por la parte visual de la tecnología necesaria para la visión".

Laboratorio de percepción visual en la NTT

"Cuando combinamos textos con presentación verbal gráfica animada, ¿estamos realmente obligados a comunicarnos en la misma tipografía en blanco y negro que ha acarreado nuestra carga intelectual desde Gutenberg? Parece claro que el viejo alfabeto quizá ya no sea adecuado. Con el tiempo podemos desarrollar nuevos sistemas simbólicos que empleen el color y la posición y el movimiento en tres dimensiones para representar y leer. En lugar de leer de izquierda a derecha y de arriba abajo como lo hacemos ahora, podemos penetrar en el espacio ocupado por los conocimientos y viajar a través de él. Esa tendencia hacia una representación cada vez más rica de los problemas y de soluciones propuestas puede llevar a definir problemas de tal complejidad que sólo puedan ser encarados por el compromiso total físico e intelectual de los encargados de resolverlos, que tengan que vivir efectivamente en el mundo representado.

"Explorarían diariamente el espacio del problema, indagarían acerca de él y buscarían intelectual y físicamente una solución."

MYRON KRUEGER
Artificial Reality, 1983

"Los servicios de telecomunicación de realidad fuerte y de realidad artificial son aplicaciones muy interesantes y atractivas de tecnologías informáticas de imágenes tridimensionales."

NTT VISUAL MEDIA LABORATORY
Informe anual, 1988

Si usted estuviera convencido de que la tecnología televirtual inalámbrica del futuro entraña una gran promesa para realzar el pensamiento visual y la comunicación humana, ¿qué investigación básica haría para construir un prototipo? Muchos de los investigadores principales en el ATR fueron cedidos provisionalmente por la NTT, que desarrolla sus propias investigaciones fundamentales de percepción. Y si escucharan a Don Norman y a mí mismo despotricando y rabiando, los gerentes de investigación de la NTT también ampliarían sus investigaciones psicológicas, sociológicas y antropológicas. El rol del Laboratorio de Percepción Visual que parece ocupar una buena parte de un gran piso en las instalaciones de Yokosuka, consiste en desarrollar técnicas de visión y de grafismo computacional para alcanzar cuatro metas: identificación a distancia de las personas y reconocimiento de sus intenciones, en base a su expresión facial; interpretación de una escena por el reconocimiento de los objetos con una computadora y captación de los objetos asociados; síntesis de imágenes realistas de los humanos y su entorno en tiempo real; invención de nuevas técnicas de procesamiento de las imágenes, basadas en un nuevo conocimiento de la percepción visual humana.

Las cámaras CCD pueden captar imágenes estereoscópicas detalladas y suministrarlas en forma digital a procesadores de señales especialmente diseñados y someterlas a software de computadora ideado para extraer características y detectar formas. Los prototipos de la cámara de adquisición de formas que he visto en el ATR eran parte de ese esfuerzo. Los investigadores de la NTT estaban concentrados en un sistema de reconocimiento de formas que permitiría a las futuras computadoras reconocer los cambios de expresión facial, sobre todo de los ojos y labios, y transmitir esos cambios en tiempo real para que sean decodificados construyendo una imagen sintética de la cabeza que se mueva en sincronía con el rostro remoto del usuario. Un proyecto paralelo es un sistema automático de lectura de los labios que pueda extraer el lenguaje hablado de la imagen visual, tanto como una tecnología de interfaz hombre máquina, como una forma de comunicación de persona a persona. El prototipo del "lector de la cabeza" estaba conectado con un poderoso equipo gráfico de computadoras. En la demostración, observé cómo el programador movía la cabeza y hablaba mientras que una versión, de su cara del tipo de dibujos animados reproducía en la pantalla los movimientos de su cabeza y labios. La imagen de dibujos animados es tema de una investigación que converge en diversos métodos de creación y presentación de imágenes artificiales a partir de bases de datos almacenados y entradas a la cámara. La cámara suministra información visual a un procesador que crea un modelo facial estándar y aplica algoritmos especiales a todo lo que sea, desde el movimiento del cabello sintetizado hasta los probables fonemas que corresponden a diferentes configuraciones de los labios. Los sistemas de la red neural que "aprenden" a reconocer una forma específica se aplican a crear computadoras que reconocen literalmente a sus usuarios autorizados. Todo eso es parte de VI&P.

La infraestructura del ciberespacio implicará mucho más que conexiones

de comunicación a alta velocidad y poderosas máquinas de la realidad. Los objetos en los mundos virtuales, sean creadas por los modelos gráficos, almacenados en enormes bases de datos, sean transformados a partir de una información digitalizada procedente de una cámara, tendrán que ser almacenados y recuperados de alguna manera. En realidad, una de las primeras aplicaciones de las interfaces de RV en la NTT consiste en métodos para volar a través de bases de datos gráficos tridimensionales, usando órdenes emitidas con la voz y navegación en la RV. La Marina de Estados Unidos estuvo usando el Spatial Data Management System del MIT y no ha habido nadie más que pudiera hablar al respecto, por más de una década. Parece que la NTT está interesada en continuar con esas demostraciones del MIT, largo tiempo descuidadas. En las bases de datos convencionales, orientadas a los textos, un usuario puede obtener información sobre los objetos, introduciendo preguntas en forma de cadena de órdenes que digan cosas como por ejemplo "Muéstrame todos los Jones" o "calcula los últimos gastos totales del expediente de Smith". Esas búsquedas "simbólicas" implican a menudo lenguajes lógicos especializados, aunque en ese campo existe otra tendencia hacia "el lenguaje natural de las indagaciones". En una base de datos formada por imágenes, sin embargo, se requerirán nuevos modos de almacenar las imágenes, de interrogar la base de datos, de navegar a través de la información. La necesidad de poder escudriñar es particularmente importante si esos espacios de imágenes van a ser usados para el pensamiento creativo, como parecen reconocerlo los ingenieros de la NTT cuando escriben, en el informe anual de 1989 del Visual Media Laboratory:

"Se propuso una nueva arquitectura de navegación para la base de imágenes. Se crea una base de datos de imágenes para escudriñar un ambiente organizado, en el cual podemos ver y examinar una multitud de objetos visuales de un modo efectivo. Mientras se busca, pueden aparecer objetos visualmente afines, sin que se recurra a procedimientos de indagación simbólicos, y podemos encontrar una información inesperada pero significativa. Es importante, pero difícil, organizar automáticamente los objetos visuales. Se ha desarrollado un enfoque de prueba en el cual la computadora extrae imágenes de objetos que se corresponden con las palabras clave de entrada."

Vuelvo siempre a la frase "examinar una multitud de objetos visuales". Me hizo recordar la sala llena de gente en Austin, convocada para la primera conferencia anual sobre ciberespacio, que quedó muda de asombro cuando un docente médico les mostró cómo podía extender la mano y hacer rotar los puntos modelados de una base de datos epidemiológicos, de una historia clínica de lesiones traumáticas. Se puede usar una información sumamente esotérica sobre las relaciones estadísticas entre la capacidad de sobrevivir a las lesiones y otras variables, para salvar vidas, siempre que se puedan extraer de la base de datos las relaciones correctas. Resulta entonces que usted puede dotar de tres dimensiones a los datos, luego rotarlos de tal manera que los modelos de relación entre ciertas variables se vuelvan muy visibles en forma de

líneas rectas en medio de nubes desordenadas de puntos. La navegación en la base de máquinas, como la propia RV, se parece a una herramienta que podemos usar para interpretar mejor el flujo de información sobre el cual nos desplazamos todos los días. Y el uso de modelos de RV para visualizar arquitecturas de software —el sueño de Jaron Lanier de un lenguaje de programación visual, pero un lenguaje de programación para expertos, no para las masas— da señales de captar la atención de aquellos que procuran proyectar el software que hará funcionar adecuadamente todo ese poderoso hardware que va llegando, cuando la gente ponga sus manos en él.

La investigación de la realidad virtual en la NTT recién empieza a adquirir velocidad. Antes de que las pantallas autoestereoscópicas puedan brindar una mejor sensación de presencia, debe desarrollarse más la tecnología de LCD, y parece que esa tecnología habilitante en verdad progresa; un display del tamaño de una pared está en elaboración, con nuevas pantallas de LCD de alta resolución y proyectores de LCD. Son inevitables los displays de LCD mayores y menores, de alta resolución, impulsados por las enormes inversiones financieras relacionadas con los entretenimientos electrónicos. Queda por hacer el arduo trabajo de resolver problemas serios y años de trabajo metódico para crear las herramientas básicas de software y cumplir las metas de VI&P. Lo que yo vi en Yokosuka parecía más bien un ataque bien planeado y audaz a problemas bien identificados. Pasarán algunos años para decidir si el plan tiene éxito. El software de la lectura de los labios y la expresión facial está funcionando ahora con una precisión del 70 por ciento solamente. Las imágenes sintetizadas siguen en la etapa de los dibujos animados, y tendrán que progresar para alcanzar simulacros más realistas antes de convertirse en medios útiles para la transmisión de intenciones. Las cámaras para la adquisición de formas y el software correspondiente también necesitan ser mejorados. No son todas progresiones inevitables. Se puede pronosticar para años en el futuro el costo y el comportamiento de los chips de memoria de una computadora. No está claro si los problemas que quedan por resolver son solubles, aun cuando se invierta bastante dinero y se les preste la suficiente atención. El sistema humano perceptivo y cognitivo tiene largos antecedentes para ganar en ingenio a los que quieran competir con sus funciones por computadora.

Si suponemos que se producirá una razonable cantidad de mejoras en cada una de las tecnologías habilitantes durante las próximas dos décadas, sin tomar en cuenta posibles descubrimientos revolucionarios, y si suponemos que seguirá habiendo mucha coordinación entre la investigación cognitivo-perceptiva, la técnica del hardware y el software de propósitos especiales en la NTT y compañías afines, no se descarta la posibilidad de estar creando los nuevos lenguajes con los que soñó Myron Krueger, por medio de nuestros teléfonos de la realidad de la NTT, dentro de veinte años.

La telepresencia, como medio de comunicación, es un tema rico para las especulaciones, pero agota las posibilidades de la RV como frente de ataque para los sistemas de comunicación. El interés del ATR en "comunicación con

sensaciones realistas" presupone que el ciberespacio es un lugar en que los humanos se comunican entre ellos. Y las estaciones informáticas "visuales, inteligentes y personales" del futuro incluirán nuevos medios para que la gente se comunique con sus asistentes cibernéticos en forma de programas personales de búsqueda de información, como también con otras personas. Queda todavía otra posibilidad. Como lo previó Marvin Minsky hace una década, y los escritores de ciencia ficción exploraron en detalle hace varias décadas, la telepresencia podría descubrir nuevas rutas para la comunicación entre el humano y el *robot*. En Estados Unidos, el término que los investigadores usan para referirse a las interfaces hombre-robot es "teleoperador". En Japón, lo llaman "teleexistencia". En cualquier caso, la tecnología se basa en la experiencia humana de ver por los ojos de una máquina y usar los gestos naturales para hacer que las máquinas manipulen el mundo físico. Una forma de recordar la diferencia entre investigación de la RV y del teleoperador es la siguiente: en RV usted puede demoler el edificio en el cual se encuentra, sin inconvenientes colaterales; si usted está dirigiendo a un teleoperador, el edificio podría no estar cuando se quite las gafas.

12

Experiencia extracorpórea

"Una persona lleva una cómoda chaqueta forrada con sensores y motores semejantes a músculos. Cada movimiento de brazos, manos y dedos es reproducido en otra parte por manos mecánicas, móviles. Livianas, diestras y fuertes, esas manos tienen sus propios sensores, mediante los cuales el operador ve y siente lo que sucede. Usando semejante instrumento, usted puede 'trabajar' en otra habitación, otra ciudad u otro país. Su 'presencia' remota puede tener la fuerza de un gigante o la delicadeza de un cirujano. El calor o el dolor son 'traducidos' en una sensación informativa pero tolerable. Las tareas peligrosas se vuelven seguras y cómodas.

"Poco es lo que podemos hacer hoy en día, usando las rudimentarias máquinas hechas para manejar materiales radiactivos. Pero una vez que perfeccionemos esos toscos instrumentos —el punto clave de nuestra propuesta— ganaremos de muchas maneras."

MARVIN MINSKY
Hacia una energía manejada a distancia y economía de producción, 1979

Mi conciencia de pronto conmutó los sitios, por primera vez en mi vida, desde la vecindad de mi cabeza y cuerpo hasta un punto a unos seis metros del lugar en que normalmente veo el mundo. El mundo que yo vi tenía profundidad, sombras, alumbrado, un aspecto de tridimensionalidad, pero estaba representado en blanco y negro. Unos leves movimientos de la cabeza confirmaron que las leyes del paralaje del movimiento y binocular serían ciertas. La coordinación entre la mano y el ojo tenía que ser refocalizada. Después de un momento de desorientación y unos segundos de práctica, pude levantar un lápiz y, haciéndolo pasar por un aro, colocarlo a un metro de distancia de mí, aunque mis dedos tenían que moverse al principio como si me fueran ajenos. Moví el cuello y los hombros. A seis metros de mi cuerpo, mi visión del mundo cambiaba de acuerdo con mis movimientos físicos. Empecé a aceptar la ex-

traña sensación que acompañaba el acto de transportar mi punto de vista hasta el de la máquina, hasta que torcí la cabeza, me miré a mí mismo y me di cuenta cuán extraño parecía estar en dos lugares el mismo tiempo. Usar los propios ojos, oídos y manos para controlar un robot equipado con cámaras, micrófonos y manipuladores mecánicos suena a algo divertido, pero nunca pensé en eso como algo emocionante. Lo que uno no comprende hasta hacerlo es que la telepresencia es una forma de experiencia "extracorpórea". Lo percibí como una muestra anticipada de cómo se siente uno si forma parte de una simbiosis de silicio. Telepresencia es el nombre de un concepto, una herramienta, una experiencia. También podría ser uno de los nombres que se le diera al cambio que la RV produce en todo lo que significa ser humano.

La telepresencia es otro vector en la historia de la RV que echó raíces en el MIT, un permanente centro histórico de los avances computacionales. El Laboratorio de Inteligencia Artificial, dirigido durante los últimos 30 años por Marvin Minsky, ha influido en la psicología y la ciencia cognitiva tanto como en la informática. A Marvin Minsky le gusta pensar en grande. A él y a John McCarthy, que trabaja actualmente en Stanford, se les acredita haber acuñado el término "inteligencia artificial" y creado en los años 50 la audaz subespecialidad de la informática conocida actualmente como IA. Las visiones de Minsky nunca se han referido a obstáculos, sino a oportunidades. Él miraba las computadoras relativamente insignificantes de los años 50 y se sentó a idear métodos para emular el pensamiento humano, una tarea que prosigue con tenacidad engelbartiana más de treinta años después de haber ayudado a difundir la idea de que sería posible construir máquinas pensantes.

Minsky fue el primero en expresar claramente la utilidad general de otro aspecto potencial de las simulaciones interactivas, de los displays montados en la cabeza, del grafismo computacional y de su uso como medio natural para que los humanos pudieran controlar robots. Desde el principio, Minsky reconoció la naturaleza dual de esta posibilidad: no sólo proveería complejas facultades humanas perceptivas y cognitivas como sistema de control para un robot remoto, sino que crearía un estado específico de conciencia en el usuario humano, una experiencia de estar presente en un lugar remoto. Reconoció también que, si bien esa tecnología estaba firmemente arraigada en la ciencia ficción, las implicaciones que tendría para la economía mundial y para la vida cotidiana de la gente eran muy prácticas y potencialmente enormes.

Minsky acuñó el término "telepresencia" en 1979 en una propuesta audaz para conseguir fondos:

> *"Podemos resolver muchos problemas de energía, salud, productividad, calidad ambiental, mejorando la tecnología del control remoto que producirá seguridad nuclear y protección, adelantos en minería, aumentos de productividad, economía en el transporte, nuevas industrias y mercados. Creando 'manos mecánicas' que sean lo suficientemente versátiles y económicas, podemos configurar un nuevo mundo de salud, energía y seguridad...*

"Para hacer esto debemos mejorar nuestros instrumentos de 'telepresencia' —es así como los llamaremos— de modo que se sientan y funcionen como nuestras propias manos. Esto abarcaría 20 años y costaría mil millones de dólares. Quedaría reembolsado cien veces. El Three Mile Island mostró la inflexibilidad absurda de la tecnología nuclear actual. Seguimos esperando que los hombres corran para ver, y absorban la dosis de un año en unos pocos minutos. ¡Es ridículo! Con mejores herramientas de telepresencia, podríamos inspeccionar y reparar rápidamente, reduciendo tal vez las pérdidas de mil millones a unos pocos millones.

Para su mérito, Minsky reconocía que una de las metas de la IA, el uso de la inteligencia de la máquina para dirigir de forma autónoma el comportamiento de los robots en tiempo real en situaciones complejas, estaba todavía muy lejos en el futuro. No tenemos el poder informático, ni las teorías de la representación del conocimiento, ni los algoritmos necesarios para controlar robots autónomos en tiempo real. Pero sí tenemos manipuladores remotos que pueden imitar las acciones humanas en sitios inhumanos tales como el fuego y los reactores nucleares, y sí tenemos medios rudimentarios para controlar los manipuladores mediante gestos humanos. Minsky vio que la clave para hacer funcionar el plan estaba en hallar un método para acoplar estrechamente las percepciones y reacciones humanas con las acciones de robots autónomos remotos.

Minsky tenía conocimiento técnico para comprender que los robots de control remoto tenían la posibilidad de resolver problemas reales que ni los humanos ni los robots eran capaces de solucionar solos de forma segura o económica. Aunque Minsky dio el nombre de telepresencia a la experiencia, no pretendió haber inventado la idea, un honor que la mayoría de los expertos en ciencia ficción atribuyen a Robert Heinlein, con su novela *Waldo*, de 1940, acerca de un ser más bien fofo del futuro que tenía el poder de colocar las manos en unos dispositivos de operación remota y dirigir los movimientos de poderosos muñecos mecánicos conocidos como los Waldos. En las notas que acompañan a la propuesta de su telepresencia, Minsky reconoció la contribución de Heinlein a la conceptualización de la futura tecnología: "La propuesta está dedicada a dos amigos. El difunto Ray Goertz desarrolló en 1954 el primer teleoperador eléctrico reproductor de la fuerza. Mi primera visión de una economía basada en un teleoperador la recibí de una novela escrita por Robert A. Heinlein en 1940, *Waldo*. Los primeros instrumentos de esta clase fueron construidos en 1947. Cuarenta años después de escribir *Waldo*, Henlein me ayudó a afinar este trabajo".

Sería un desafío fascinante para los escritores de ciencia ficción actuales imaginar qué habría sido del mundo si alguien del gobierno de Estados Unidos hubiera aprobado el proyecto de Minsky de "veinte años y mil millones de dólares". El campo de las teleoperaciones e interfaces humanas para teleoperadores —los aspectos externo e interno de la telepresencia— sólo muy recientemente ha convergido con el desarrollo de los displays estereoscópicos de cabe-

za. Los primeros teleoperadores eran costosas manos mecánicas desarrolladas para manejar materiales radiactivos; los primeros investigadores y los técnicos de energía nuclear ponían sus manos en un dermatoesqueleto que conducía los movimientos de la mano a un brazo de robot en una sala blindada. Uno de esos mecanismos, desarrollados para manipular materiales radiactivos, el Manipulador Remoto de Argón (ARM, desde luego), llegó por fin a su término en el Laboratorio de la UNC en Chapel Hill, Carolina del Norte, décadas después, cuando se disponía de una capacidad de computación suficiente para hacer posible la realimentación directa de las fuerzas. Hoy en día, los químicos farmacéuticos usan el ARM para obligar a los modelos moleculares tridimensionales a que se coloquen en sus sitios, una combinación de la simulación (el comportamiento predicho de las moléculas cuando se las reúne) y la telepresencia (la transformación de fuerzas moleculares en resistencia física mediante el ARM).

En 1954, Ralph Mosher, en General Electric, desarrolló el Hardiman, un dermatoesqueleto complejo y pesado que se cerraba alrededor del brazo del usuario y le permitía controlar un brazo robótico remoto mediante movimientos naturales. En 1958, la Philco Corporation construyó un sistema de telepresencia visual montando un CRT delante de los ojos del usuario y controlando el punto de vista de una cámara remota mediante movimientos de la cabeza. Y luego el progreso en ese campo se retrotrajo a un andar muy lento. El campo fascinante pero esotérico de los teleoperadores se arrastró durante años de investigación, pesada aunque vital, de los factores humanos —como algunos científicos cognitivos dicen "contando los pasos"— y durante décadas de elaboración y reelaboración técnica cuidadosa de los elementos mecánicos, mientras maduraban las tecnologías habilitantes de los sistemas de control de la telepresencia. Este campo ya no languidece, a juzgar por el bombero prototipo operado a distancia que vi en Inglaterra este año, el modelo de un arma a escala natural que funcionaba con municiones, operado a distancia, que vi en Hawai pocos meses antes, las instalaciones telerrobóticas que vi en Tsukuba y Londres, diseñadas para ayudar a los discapacitados, la investigación de la microtelepresencia, en IBM, que permite sentir la superficie de las moléculas tocándolas con las puntas de los dedos, y otros proyectos telerrobóticos de telepresencia que aparecen ahora en el mundo.

Armonizar con la teleexistencia

"Durante largo tiempo los seres humanos han deseado proyectarse en un ambiente lejano, es decir, tener una sensación de estar presentes o existir en un sitio diferente de aquel en el que realmente existen al mismo tiempo."

S. TACHI ET AL.
Desarrollo de un robot esclavo de teleexistencia antropomórfica, 1989

Cuando oí hablar por primera vez de las "ciudades de la ciencia" japonesas, como la famosa de Tsukuba, y la nueva que se iba erigiendo en Kansai, proyecté mis propias imágenes mentales de lo que iba a ver. Debo admitir que soñaba con laboratorios posmodernos de muchos pisos, instalados (en mi visión mental) en medio de jardines Zen de rocas, ocupadas por técnicos escurridizos, ataviados con uniformes de trabajo, supervisados por gerentes de investigación vestidos de blanco. El viaje en coche a la ciudad de la ciencia de Tsukuba, ubicada a una hora y media de Tokio, me trajo reminiscencias muy fuertes de los parques industriales semidesolados en las afueras de Phoenix, Arizona, en los años 50. No es que estén totalmente ausentes los elegantes laboratorios semejantes a los del PARC. Están allí, pero siguen rodeados por enormes parcelas vacías. Hay algo vagamente insalubre allí, como si el sitio estuviera esperando algo que todavía no está, o como si deambulara por ahí algo que solía estar antaño, o como muchas cosas en Japón, embrujadas y atraídas tanto por el pasado como por el futuro.

En 1990, Tsukuba parecía más un grupo de enclaves planeados para expandirse el uno hacia el otro durante décadas, que la ciudad de la eficiencia, densamente edificada y proyectada con gusto que yo imaginara. Los bloques de complejos de apartamentos a lo largo de la Avenida de la Ciencia, de ladrillos y cemento color pastel, de cinco a diez pisos, separados por parcelas vacías y franjas de cultivos, se parecen más o menos a dormitorios de modernos internados. Era una mañana templada cuando llegué y en casi todos los balcones de los edificios de apartamentos había prendas de colores brillantes que se aireaban.

Viajé nuevamente con el equipo de *Asahi Shimbun*. Noté la disparidad entre mis imágenes mentales antes y después de ver Tsukuba, y Hattori me dijo que ese leve aire tétrico que yo percibía en el lugar era muy conocido en Japón. En realidad, hay algo que se llama "el síndrome de Tsukuba". Por razones aún desconocidas, Tsukuba tiene el mayor porcentaje de suicidios de Japón. Durante el almuerzo me contó que Tsukuba se erigió originariamente en el emplazamiento de tres antiguas aldeas. El sitio donde almorzábamos era un hotel vistoso del tipo Sheraton, destinado a científicos visitantes, que se asomaba sobre un bonito paisaje que se transformaba abruptamente en campos cubiertos de matorrales. El emplazamiento original del hotel y de los laboratorios circundantes era una antigua aldea llamada Sakuramora, que significa "Ciudad de los cerezos en flor". El único cerezo que vi en el lugar, en un jardín cuidadosamente atendido, enfrente del laboratorio de ingeniería mecánica del MITI, estaba en flor.

El MITI es un mundo en sí mismo. Es un tipo de repartición gubernamental que no podría existir en Estados Unidos ni para bien ni para mal. El Ministerio de Comercio Internacional e Industria tiene el poder de reunir la industria, la academia y el gobierno japoneses en una sala, decidir a gran escala crear una nueva tecnología o una serie de tecnologías interconectadas para una meta nacional específica y luego dar el dinero para hacer funcionar el ob-

jetivo. No funciona exactamente así. Se hace más a través de una serie de valores compartidos entre líderes de muchas jerarquías interconectadas en finanzas, gobierno, industria y mundo académico. Pensar en el MITI como en un "zar tecnológico", la forma en que podría pensar un norteamericano, no es lo bastante japonés. El MITI tiene los recursos y el respeto para reunir muchas fuerzas autónomas rivales con una meta específica, y es ahí donde reside su mayor poder. Aun si se pudiera persuadir a las industrias informáticas competitivas de Estados Unidos para que consideraran la idea de cooperar entre ellas por el bienestar económico nacional, sería una violación de toda una biblioteca llena de leyes antitrust por parte de cualquiera que lo hiciera, sobre todo del gobierno.

A veces el mercado caótico de los imperios hipercompetitivos que combaten en una situación libre para todo —el modelo estadounidense— puede producir resultados asombrosos. Queda claro que la cooperación no puede ser impuesta desde arriba. La economía central planificada como la de la antigua Unión Soviética y la de los países de Europa del Este no supo administrar las industrias impulsadas por la nueva tecnología mediante una cooperación obligada. El MITI no trata de forzar a los agentes poderosos a que trabajen juntos; más bien hace que los diversos participantes se alineen en la misma dirección mostrándola más atractiva, provechosa y lógica. La estrategia del MITI de alinear las potencias industriales autónomas hacia metas mutuamente provechosas mejoró la situación económica internacional de Japón en el campo de la industria electrónica y microelectrónica de consumo y automotriz. La estrategia no funcionó tan bien en los proyectos de inteligencia artificial de la "quinta generación" que, supuestamente, debían otorgar a las industrias de computadoras de Japón un predominio mundial en equipos informáticos de comprensión del lenguaje hablado, estaciones de trabajo de "procesamiento del conocimiento" que se propusieron construir a principios de los años 80 para mediados de los 90. Los proyectos no cumplieron sus cometidos dentro del plazo precisado porque los arduos problemas científicos todavía no habían sido resueltos, aunque las tecnologías habilitantes habían progresado como se predijo. Por cierto, muchos proyectos del MITI fracasan, pero los que tienen éxito y los productos colaterales que permiten a otras tecnologías acelerar su desarrollo son los que requieren atención.

El MITI patrocina medios para la investigación básica en robótica. Otra vez la imagen que yo tenía en la mente era la de disciplinadas legiones de investigadores que sientan metódicamente las bases para las industrias japonesas futuras. El doctor Susumu Tachi, quien se negó a usar la chaqueta blanca, estuvo trabajando en telerrobótica durante más de quince años, y aunque muchos de sus colegas ciertamente se proponen crear la base para las industrias japonesas futuras, el doctor Tachi se dedicó a usar la tecnología cibernética para capacitar a los minusválidos. A finales de los años 70 y principios de los 80, trabajó en "perros guía artificiales" robóticos para los ciegos. Frederick Brooks solía llamar a los perros robot de guía un excelente "problema conductor" para

la robótica y la teoría del control. Téngase en cuenta que el teleoperador de Tachi no es un robot autónomo, sino una prótesis inteligente cuya supervisión es controlada por un humano. El robot no tiene por qué cargar con el silicio y el software necesarios para ejecutar esas funciones perceptivas y cognitivas que los humanos cumplen tan bien sin pensar conscientemente en ellas, como reconocer formas, moverse entre obstáculos, hacer evaluaciones, etcétera. Desde esa perspectiva, tiene sentido que Tachi y sus colegas hayan empezado a trabajar en "teleexistencia" o la creación de un fuerte sentido de presencia remota como un medio de operar robots bajo el control de supervisión a distancia.

Esa relación entre un ser humano y un robot móvil parcialmente inteligente estrechamente unido con aquél parece un ejemplo de la simbiosis entre hombre y computadora que predijo J. C. R. Licklider en 1960, aunque de un tipo algo diferente del que fue promovido por la ARPA. La amplificación intelectual que Licklider y sus investigadores de la ARPA perseguían se consideraba una escaramuza tecnológica de tono menor, en un momento en que los grandes capitales se invertían en inteligencia artificial. Los investigadores de la inteligencia artificial querían saltar por encima de las capacidades humanas y construir máquinas que pudieran pensar. Parte de los esfuerzos invertidos en alcanzar las metas de IA desembocaron pronto en el campo de la robótica. (Y uno de los elementos clave que distingue la robótica de la pura IA es la disciplina técnica de la "teoría de control", relacionada con la construcción de sistemas físicos que dependen de la comunicación de información a través de los sistemas para ejecutar acciones en el mundo. Las teorías de control se cruzan ahora con las hipótesis del mundo virtual en el invernadero interdisciplinario de la RV.)

La idea de la presencia remota que vincula la inteligencia humana con los robots, menos inteligentes pero muy sensibles, está en alguna parte entre la amplificación y la IA. No se reconoció oportunamente la posibilidad, aunque fue estrictamente una especulación sobre un futuro posible. Veinte años después de que Licklider hubo contribuido a desarrollar computadoras como amplificadores de la mente, su colega del MIT en el Laboratorio de Inteligencia Artificial, Marvin Minsky, hizo su propuesta de 1979 al gobierno de Estados Unidos para proveer de fondos un proyecto de investigación y desarrollo de diez años en tecnología de telepresencia. Y diez años después de que la propuesta de Minsky fuera desoída en general en Estados Unidos, salvo para usos militares específicos, el MITI parece alinear a investigadores clave y fabricantes hacia la investigación multidisciplinaria de telepresencia.

Alinear fuerzas poderosas, financiar multitudes de investigadores y proclamar grandes visiones pueden ser una fórmula acertada, pero no garantiza el éxito. Es mucho más fácil prever cómo reaccionaría un brazo artificial en respuesta a diminutos movimientos de la punta de los dedos o esbozar las posibilidades de robots operados a distancia en los reactores nucleares, que construir máquinas que uno quisiera fijar en su cabeza y brazos. Los obstáculos

que obstruyen la investigación del teleoperador son las brechas en nuestro conocimiento del aspecto psicológico de la telepresencia y los problemas técnicos que implica la construcción de canales para comunicar información entre humanos y máquinas. La parte humana de la asociación con el teleoperador provee la pericia cognitivo-perceptiva. La parte mecánica de la asociación provee un sentido de presencia a un operador humano vinculado con sensores remotos capaces de sondear y manipular ambientes que pueden ser hostiles a los cuerpos humanos. Lo difícil de vincular los sistemas humano y mecánico reside en crear la correcta correspondencia en la interfaz de la comunicación. Desde el aspecto humano, una interfaz acertada se evalúa de acuerdo con la clase de *experiencia* que evoca; una interfaz de teleoperador debe evocar una sensación de presencia en el humano que sea lo bastante fuerte para guiar con eficiencia al robot en las tareas del mundo real, sin errar la otra entrada sensoria del humano y sin dañar el simulador. La sensación de presencia, el *sine qua non* de la realidad virtual, es asimismo un asunto medular en la investigación del teleoperador.

Conocí al doctor Tachi en Santa Bárbara, un par de semanas antes de visitar Japón. Es un hombre tranquilo, cortés y algo formal. Él y yo asistíamos a una conferencia de una semana de duración sobre "Interfaces humanas para ambientes virtuales y teleoperadores". Cuando llegué a su laboratorio en Tsukuba, varias semanas después de nuestro primer encuentro, me dio una copia de una fotografía que había sacado en Santa Bárbara, en la que aparecían los investigadores de RV de Estados Unidos, Canadá, Japón, Gran Bretaña y Alemania reunidos en el parque en las afueras del Sheraton de Santa Bárbara. Tachi había mostrado diapositivas de sus instalaciones durante su presentación en Santa Bárbara. Cuando vi personalmente esas mismas instalaciones, el robot era más pequeño y la sala más grande de lo que yo había previsto a juzgar por las diapositivas que él nos había mostrado. La sala misma estaba construida con el fin de colocar y volver a colocar maquinaria pesada, con rieles instalados en el piso de hormigón y aros de acero enormes encastrados en los techos a seis metros de altura. En un rincón había un coche de tres ruedas para robots con un juego de lentes binoculares en el asiento del conductor. Era otro más de esos momentos en que me vi obligado a reflexionar en los extraños sitios a los que este proyecto me había lanzado, sobre todo cuando avizoré una silla metálica que ocupaba un lugar prominente. Se me cruzó la idea de que me vería atado en ese dispositivo que me llevaría con él antes de que yo dejara ese laboratorio.

El propio robot se parecía a la mitad inferior de un poste de luz eléctrica o una toma de agua para bomberos; su cuerpo era un cilindro metálico rojo de unos veinte centímetros de diámetro. El torso empezaba a ser antropomórfico, con un brazo, un asa de dos dedos allí donde debiera haber una mano, un cuello en voladizo a la distancia correcta atrás y abajo de los sensores visuales, que gira en las mismas direcciones que lo hace un cuello humano, y videocámaras gemelas montadas donde debieran estar los ojos. Parecía una máquina.

La semejanza humanoide no proviene del material sólido, sino del *movimiento* con el que se mueve cuando un humano lo acciona. Era para mí una sensación extraña, porque yo sabía que observaba un trozo de metal. Lo extraño era que las articulaciones lubricadas de acero inoxidable, los motores eléctricos, los manojos de cables se movían de un modo que estoy acostumbrado a ver en los humanos y no estoy acostumbrado a ver en las máquinas.

El operador humano está sentado en una estación de control cuyo aspecto produce un poco de miedo, y más miedo aún la idea de manejarla. Me senté en algo que se parecía desagradablemente a un despojado sillón de dentista. El display está calzado en la cabeza, pero es un display "espada de Damocles" que usa un dispositivo mecánico, un *goniómetro*, para rastrear los movimientos de la cabeza y no un sensor magnético como el Polhemus. Junto con todo el varillaje mecánico, hay un largo brazo con un contrapeso fijado al display de cabeza (HMD). El HMD es tosco y está un poco ajustado a mi cabeza; el ocular está asegurado con un barbuquejo. Cuando estuve sentado con el casco puesto, adelanté mi mano derecha y el control de la mano y del brazo se cerró alrededor de mi muñeca y del antebrazo de una manera que me produjo la incómoda sensación de ser esposado. En este momento yo estaba ciego para el mundo y libre de mover el cuello y el brazo, pero nada más. Cuando movía la mano, el brazo o los dedos, los movimientos era reproducidos casi de forma simultánea por el robot que estaba al otro lado de la sala. Yo no podría transmitir el movimiento en cualquier dirección en que estoy acostumbrado a hacerlo; el brazo tiene siete grados de libertad, el cuello tiene tres grados de libertad. Pero las restricciones no pesaban tanto en mi conciencia como las posibilidades. El mero hecho de levantar una varilla con mi cuerpo de robot, hacerla pasar a través de un aro a tres metros de distancia y sentir como si yo mismo lo hubiera realizado era mucho más impresionante que el hecho de no poder patearla a través del aro.

Cuando el aparato estuvo conectado, empecé a mirar por los ojos del robot. El mundo tenía el aspecto que tendría si yo estuviera a tres metros a la izquierda de mi cuerpo, allí donde se encontraba el robot. Extendí el brazo, estiré el cuello, abrí la agarradera y alcé una pequeña varilla. Me llevó cinco segundos imaginarme cómo arrojar la varilla por los aros de cinco centímetros de diámetro que estaban instalados alrededor de mí a diversos intervalos. Me costó diez segundos sentirme cómodo con mi control del robot. Sin embargo, cada vez que oía ruidos de aparatos mecánicos detrás de mí, empezaba a tener imágenes de varillajes mecánicos que se sacudían arrojando mi cabeza contra la pared. Cuando apreté el control de freno en el mando, se abrió la agarradera del robot y dejó caer la varilla. A fin de alzarla nuevamente y no dejarla caer, tuve que repasar mi memoria de corto plazo para hacer exactamente lo opuesto de lo que he hecho toda mi vida: en el teleoperador, es necesario apretar una vez para abrir, apretar dos veces para cerrar. Una vez más ese extraño protocolo pareció casi natural después de un par de ensayos. Pude observarme a mí mismo adaptándome al nuevo protocolo, pero no puedo decir cómo lo

hice. "Qué fácil es para un ser humano bien afinado adaptarse a una máquina", escribí yo en mi cuaderno de apuntes apenas me desataron.

El momento más extraño fue cuando el doctor Tachi me dijo que mirara a mi derecha. Había un individuo con traje azul y zapatos de color celeste reclinado en un sillón de dentista. Él miraba hacia la derecha, de modo que pude ver su calvicie en la parte posterior del cráneo. Él se parecía a mí, y distraídamente comprendí que *era* yo, pero yo sé quién soy yo, y yo estoy *aquí*. Por otra parte, él está *allí*. No hace falta un alto grado de verosimilitud sensoria para crear una sensación de presencia remota. El hecho de que el goniómetro y la computadora de control hicieran posible una conexión muy estrecha entre mis movimientos y los del robot era más importante que un video de alta resolución o un audio tridimensional. Era sin duda una experiencia extracorpórea.

Teleexistencia en Tsukuba

"Hay unos 67.500 tetrapléjicos en Estados Unidos, con una estimación de 2.400 a 4.000 nuevos lesionados cada año... Debido a los adelantos en los tratamientos médicos (antibióticos y cuidado de la vida), esos individuos tienen ahora una expectativa de vida relativamente normal. Ellos viven, virtualmente, a través de las acciones de los demás. Tal vez la vida sería más satisfactoria si se les brindara también la oportunidad de controlar directamente su entorno mediante herramientas telerrobóticas para tener cierta independencia. Los ambientes telerrobóticos virtuales para el resto de nosotros podrían aportar realidad a esos individuos."

LARRY LEIFER ET AL.
La telerrobótica en la rehabilitación, 1990

"El sistema de teleexistencia, en su versión final, consistirá en robots móviles inteligentes, su subsistema de supervisión, un subsistema de presencia remota y un subsistema de aumentación sensorial, que permita al operador usar información sensorial, ultrasónica, infrarroja y otra por lo demás invisible procedente de robots, con la sensación seudorrealista de presencia producida con el grafismo computerizado. En el subsistema de presencia remota deben producirse displays vibratorios, cinestésicos, táctiles, auditivos y visuales realistas."

SUSUMU TACHI ET AL.
Teleexistencia, 1984

Desde las ametralladoras accionadas a distancia hasta los sistemas destinados a liberar a los tetrapléjicos de la prisión de sus cuerpos, la tecnología de teleoperador ejemplifica todo el alcance de las interfaces de RV que pueden aplicarse a las capacidades humanas, desde las más bajas hasta las más elevadas. El trabajo del doctor Tachi es otra parte de las muchas convergencias de necesidades y tecnologías que parecen ocurrir en el ciberespacio en estos días. En los años 70, Tachi inició otro proyecto del MITI, el perro robot guía, el cual, como su nombre indica, se debía a un esfuerzo concertado para crear las tecnologías básicas con el fin de aumentar la movilidad de los no videntes. Como en muchos proyectos de robótica, el perro robot guía, conocido como MELDOG (Mechanical Engineering Laboratory Dog), hizo decididos avances en su camino hacia la meta, y al mismo tiempo puso de manifiesto los serios problemas que quedan por resolver antes de que los prototipos de laboratorio puedan brindar una real ayuda a los ciegos en el mundo intranquilo, caótico y complejo fuera de los laboratorios. Dos de esos problemas —interfaces sensoriales que puedan transferir una sensación de presencia desde los datos percibidos por una máquina a un ser humano, y los métódos para capacitar al hombre a mantener un control de supervisión sobre los robots remotos— llevaron a Tachi al campo de la *teleexistencia*, un término que, en su opinión, abarca tanto la interfaz como el control de la teleoperación.

Dejamos el laboratorio de robótica y caminamos por los corredores verde menta del Laboratorio de ingeniería mecánica del MITI. Grandes ventanas daban sobre las distintas secciones del laboratorio, y los displays gráficos en casi cada ventana describían (en japonés y en inglés) los proyectos que estaban en marcha. Un corredor llevaba a la división de biorrobótica, otro a la división de cibernética. A través de una ventana, vi una diversidad de brazos de prótesis; por otra ventana alcancé a ver un juego de espejos que estaban puliendo. El doctor Tachi, el equipo de *Asahi Shimbun* y yo fuimos a la oficina de él. Sin que se hubiera pronunciado una sola palabra, una de las estudiantes de posdoctorado que trabajaba en el laboratorio, la única mujer, se levantó de su estación informática y nos preparó té. Primero, Hattori entrevistó a Tachi en japonés. Luego el doctor Tachi y yo conversamos en inglés sólo con un poco de ayuda de Hattori. Recomiendo el ejercicio de hablar a través de un intérprete a cualquiera que esté interesado en afinar sus destrezas de comunicación; obliga a expresarse con trozos de información del tamaño adecuado. Le pregunté cómo había llegado desde los perros guías hasta los robots teleoperados. ¿Cuál fue el camino desde la prótesis hasta los mundos virtuales?

—Al diseñar ayudas de movilidad realmente efectivas para los ciegos —respondió Tachi—, descubrimos que era necesario determinar qué clase y cuánta información es la necesaria y/o suficiente para movilizar a los humanos. En otras palabras, a fin de construir una máquina que ayudara a los humanos a desplazarse, era necesario averiguar lo más posible sobre la forma en que se mueven los humanos.

Este problema general requiere que se preste mucha atención a los com-

ponentes perceptivos del movimiento de un cuerpo articulado humanamente en el espacio, una pista que lleva directamente a la realidad virtual: desde los DataGloves hasta las cámaras de adquisición de forma, hasta los ambientes sensibles, una línea de ataque de la investigación de RV fue idear máquinas capaces de detectar y transmitir los movimientos, gestos y expresiones humanos. El primer paso para transmitir el lenguaje del cuerpo consiste en aprender cómo gobernamos los modelos de nuestro cuerpo en el ciberespacio y de ahí cómo construir modelos más antropomorfos y eficientes. Movilizar muñecos virtuales es esencial para el entretenimiento, como lo es la amplificación, pero el desafío es más serio cuando ésa es la única clase de movilidad que algunas personas pueden poseer. En el mundo físico, sus cuerpos están confinados a las camas o a las sillas de ruedas; en el mundo virtual, esas mismas personas pueden remontarse y planear y, acompañadas por los teleoperadores, pueden influir en el mundo, cosa que sería imposible de otra manera. Los problemas clave que deben ser resueltos en cada uno de esos diferentes campos, aunque fuera de formas simples, estaban incorporados en los esfuerzos realizados para construir perros guías mecánicos.

Tachi concentró primero su atención en tres aspectos específicos: las acciones de los flujos de información provenientes de los sensores, los programas de computadora para comparar los flujos de entrada con los mapas internos del ambiente y los sistemas de display que permitirían a un robot semiautónomo comunicar un sentido de ubicación al operador humano. Si un perro robot ha de ser un guía, debe tener el sentido de dónde está, y debe comunicar ese sentido de ubicación al operador humano, de manera que éste pueda comprenderlo en tiempo real mientras trata de desplazarse. Los mismos problemas de procesamiento de información y de teoría de control que debían ser resueltos en el MELDOG resultaron ser aplicables posteriormente a otros campos de la RV al igual que de la telerrobótica. Ése es uno de los caminos por los cuales la convergencia puede acelerar el desarrollo tecnológico: los constructores de herramientas en muchos campos diferentes pueden acelerar el progreso en múltiples disciplinas convergentes, y en el caso de cálculos, máquinas impresoras, ordenadores personales, pueden amplificar el poder de cualquier otra disciplina, y ahora, con la RV, todos están amplificando a todos los demás a una velocidad vertiginosa.

La fase que sigue a menudo a la convergencia tecnológica es la hibridación. Después del estallido interno de diversos intereses en un foco compartido, viene una explosión de cruces interdisciplinarios. Como los estereocopistas y los programadores de grafismo computerizado que se encontraron confabulados con los robóticos y los psicólogos para construir los primeros sistemas ciberespaciales, los telerrobóticos que desean usar las interfaces humanas para influir en el mundo físico descubren que se enfrentan a los mismos problemas de diseño que los constructores de mundos virtuales, que desean que sus operadores humanos interactúen con un cosmos completamente contenido en una computadora. Tanto los ingenieros que se volvieron especia-

listas en teleoperaciones como los magos de grafismo computerizado que se volvieron constructores de mundos virtuales descubren que comparten problemas con los programadores de sistemas que estudian psicología cognitiva a fin de construir la próxima generación de interfaces de computadora. La conferencia de Santa Bárbara en la cual conocí al doctor Tachi fue un síntoma de esta convergencia múltiple, no una causa de ésta, aunque las decisiones tomadas en las conferencias científicas y técnicas y las relaciones personales forjadas allí producirán seguramente su efecto en el futuro de esas convergencias.

La segunda senda que conduce del robot guía al teleoperador, de acuerdo con lo que me contó el doctor Tachi, era la necesidad de encontrar la mejor manera de codificar y presentar la información adquirida al operador humano. El MELDOG llevaba su curso en un ambiente rígidamente controlado de acuerdo con un mapa en su computadora y un sentido de orientación con mediación ultrasónica. Un no vidente no puede usar un display visual, desde luego, y los displays de audio tienen sus limitaciones, sobre todo en ambientes públicos ruidosos. El método que usaron el doctor Tachi y sus colegas para presentar información del MELDOG a los operadores humanos era "electrocutáneo", un método de comunicación táctil basado en impulsos de electricidad de bajo voltaje, aplicados a unos electrodos externos adosados a la piel del operador. Éste percibe una suave sensación de zumbido en la superficie del brazo o de la pierna. Diferentes voltajes y frecuencias crean distintos zumbidos que los operadores aprenden a discriminar. La realimentación electrocutánea usada por Tachi y otros diseñadores de prótesis es parte de otra convergencia técnica que genera extraños compañeros: dispositivos de realimentación para ayudar a los visualmente discapacitados, guantes de robot con una sensación de presencia manual completa para los pilotos de combate, herramientas de visualización científica que permiten a los investigadores sondear moléculas con los dedos, prototipos de artefactos futuros para sexo remoto, todos podrían beneficiarse con los nuevos conocimientos y las nuevas tecnologías relacionadas con la dimensión táctil de la RV.

La teleexistencia es parte de un proyecto a gran escala sobre tecnología avanzada de robots, iniciado en 1983, emprendido por Japón en cooperación con investigadores de otras naciones, "en el marco de cooperación internacional establecido en las cumbres de Versalles y Williamsburg", como me recordara el doctor Tachi, un caballero de hablar suave de unos 40 años. Mencionó el trabajo de teleoperación en Alemania y en el NOSC estadounidense (Naval Ocean Systems Laboratory). Cuando me explicó que tenía muy buenas relaciones con los investigadores del NOSC, Tachi agregó: "La investigación del MITI tiene sólo propósitos pacíficos, no es para armas". Cuando, un par de semanas más tarde, coloqué las manos en la ametralladora accionada a distancia, en las instalaciones de alta seguridad del NOSC de Hawai, recordé la mirada en el rostro del doctor Tachi cuando mencionó el NOSC. Conozco por la larga historia de trabajo abnegado que el doctor Tachi hacía hincapié en que, si bien respetaba a sus colegas en los proyectos de investigaciones militares, su propia investigación era altruista, no letal.

Dentro del marco más amplio del proyecto JUPITER ("JUvenescent PIoneering TEchnology for Robot", es así como las publicaciones del MITI explican la sigla), Tachi extendió sus metas para incluir en ellas no solamente los sistemas de aumentación para las personas discapacitadas, sino sistemas para comandar multitudes de robots remotos, para hacer asequibles al ser humano ámbitos hostiles y remotos, y para extender la percepción humana a regiones actualmente invisibles. La investigación de Tachi es un intento de responder a la pregunta: "si un organismo financiero quisiera tomar en serio el memorándum de telepresencia de Minsky, ¿qué clase de investigación sostendrían ellos? ¿Qué conocimientos se pondrían a reunir los investigadores? ¿Qué metas técnicas debería proponerse la investigación?" Uno de los aspectos interesantes del enfoque de Tachi era el modo en que sus proyectos de prototipo implicaban una puesta a prueba de herramientas reales destinadas a llevar a cabo tareas en el mundo físico, y al mismo tiempo proporcionaban mediciones psicofisiológicas exactas destinadas a ayudarnos a comprender los componentes humanos de la teleexistencia. El sistema que yo había experimentado era tanto un prototipo como un banco de prueba para experimentar características de los prototipos futuros; el sensor espacial de Polhemus Navigation Systems opera con un máximo de velocidad de ensayos de ubicación de sólo 60 hercios (ciclos por segundo), mientras que el aparato de Tsukuba puede medir la posición y la velocidad con un nivel de respuesta de 500 a 1.000 hercios.

El desarrollo del robot semiautónomo que me permitió hacer la experiencia extracorpórea fue la primera etapa de un proyecto para construir realmente sistemas de control para robots de propósitos especiales que era objeto de elaboración en otras partes del MITI. Como tales, los primeros prototipos fueron diseñados conscientemente para ser instrumentos de laboratorio. Uno de los motivos para construir esos aparatos experimentales era estudiar sistemáticamente las características de los displays estereoscópicos y las reacciones de los sistemas perceptivos humanos, y luego intentar aumentar el poder de la telepresencia, calibrando los displays y otros dispositivos de realimentación. En esta fase de la investigación, se descubrió que el fenómeno de la convergencia binocular, que se puede aumentar experimentando con sistemas ópticos, es un componente clave en la percepción humana de las tres dimensiones. Los sistemas de la siguiente generación en Tsukuba serán sistemas optimizados para aumentar la sensación de la convergencia binocular, que se produce cuando ambos ojos enfocan el mismo objeto desde sus posiciones apenas diferentes.

Luego Tachi desea hacer un sistema teleoperador de amo y esclavo que pueda moverse. "Nuestra próxima meta es hacer una versión móvil de tamaño natural de un telerrobot antropomórfico —dijo Tachi—. Como metas a largo plazo, nos proponemos extender las capacidades humanas con microrrobots, robots gigantes, robots y displays que puedan mostrar a los humanos información infrarroja y de microondas". En ese sentido, Tachi es un colega de psicólogos como Nathaniel Durlach en el MIT, que usa un equipo de RV como sondas

psicológicas para mapear cómo modelan el mundo los sentidos humanos. Durlach, que se inició en Cambridge, Massachusetts, estudiando los murciélagos, se percata de que usa el mismo equipo y contempla los mismos resultados de investigación que Tachi, quien arrancó en Tsukuba construyendo robots guías para los ciegos. Ambos, por ejemplo, están interesados en conocer las causas del malestar de simulador, la sensación de náuseas y vértigo que puede acompañar el prolongado uso de un simulador que o es demasiado bueno o no es lo suficientemente bueno para comunicar una sensación de presencia. Tachi dedujo, a base del JUPITER y de otras investigaciones, que es importante mantener los objetos del mismo tamaño y a una distancia aparente similar a la que estarían en el mundo físico, a fin de prevenir la náusea producida por el simulador. "Mantener los parámetros visuales próximos a los del mundo físico hace que las personas puedan usar el sistema durante dos o tres horas sin marearse", declaró mientras hablábamos.

Después de reforzar las facultades de los discapacitados, es un paso natural avanzar e influir en el mundo, aumentando las posibilidades de los no discapacitados. El cuerpo humano tiene sus limitaciones: rara vez podemos levantar nuestro propio peso, somos sensibles al calor, al frío, a la radiación y no nos movemos muy rápido ni vemos lo bastante bien para realizar microcirugía sin lentes de aumento. Tachi da un paso hacia la construcción de un sistema que permitiría a una persona ponerse un traje liviano y conducir a un robot remoto al interior de un reactor nuclear, levantar un componente de dos toneladas y reemplazarlo. El prototipo de la siguiente etapa en Tsukuba comprenderá un banco de pruebas para los controles necesarios para aumentar nuestra capacidad de asir y alzar. La idea de usar un equipo especial en el cuerpo, conectado con robots poderosos o insensibles, es un viejo sueño revivido con nuevos componentes. Tachi también observó su deuda intelectual con los intentos de la General Electric por construir el dermatoesqueleto Hardiman a finales de los años 60; señaló durante nuestra conversación que veinte años atrás era mucho más peligroso llevar un dermatoesqueleto que tenía más probabilidades de funcionar mal en el sentido fisiológico, y el espacio en el interior de la máquina tenía mucha demanda por la necesidad de usar computadoras, monitores, cables y fuentes de energía dentro de las propias estructuras móviles. La miniaturización abrió brechas en lo que respecta a la cantidad de componentes que podían tener cabida en una articulación seudohumana de un codo. El doctor Stephen Jacobson, de la Universidad de Utah, líder del equipo que desarrolló el brazo de Utah, dirigió durante muchos años la investigación en la disciplina técnica del diseño de prótesis.

Antes de irnos a Tokio, nos despedimos del doctor Tachi y viajamos a otro complejo de edificios que resultó ser el campus de la Universidad de Tsukuba. A instancias del doctor Tachi, paramos allí para ver a un colega más joven, el doctor Hiroo Iwata, que estudiaba las tecnologías de RV en el Instituto de Ingeniería Mecánica de la Universidad. El tiempo estuvo templado toda la semana, de modo que yo había traído sólo un rompevientos delgado, pero

lamenté no llevar un suéter cuando caminé por los corredores. No sé si es posible que haga más frío en el interior de un edificio que en las afueras del mismo, pero las grises antesalas de los laboratorios de ingeniería de la universidad eran lo suficientemente frías como para que un día de finales de marzo pareciera de mediados de febrero. El señor Iwata fue una de las personas que conquistó mi corazón desde el principio, pidiéndome que autografiara un ejemplar muy consultado de *Tools for Thought*. Su actividad no correspondía a un presupuesto alto, pero tenía un pequeño laboratorio con una estación de trabajo gráfica de color, una minisupercomputadora Kubota y algún hardware de aspecto fascinante. El señor Iwara está interesado en generar una sensación táctil que se corresponda con los modelos visuales de objetos virtuales, un tema que finalmente me llevaría a Cambridge, Massachusetts, Londres y el sudoeste de Francia. A diferencia de muchos otros proyectos de investigación de realimentación táctil que vi en otras partes, las finanzas de Iwata parecían limitadas, de modo que uno de sus objetivos era construir dispositivos de entrada relativamente baratos.

Mientras que el doctor Tachi era más bien formal, ataviado con un traje de tres piezas, el señor Iwata iba de manga corta y yo lo describiría como "tímido" más que "reservado". Como licenciado en ciencias de la computación, Iwata explicó que se había interesado en la investigación de la interfaz humana que se había desarrollado en el grupo de mecánica arquitectónica y el laboratorio de los medios. En particular, quería proseguir los estudios de coreografiar los movimientos de objetos virtuales con ademanes de la mano y aumentar el grado de realimentación táctil y cinestética con sistemas de RV.

La gran estación de trabajo gráfica de color en el laboratorio más bien pequeño de Iwata estaba conectada con una supercomputadora de color gráfica TITAN capaz de realizar 32 millones de instrucciones por segundo, una capacidad de computación suficiente para suministrar gráficos coloreados, sombreados, de alta resolución. Desde el punto de vista computacional, su instalación era mucho más poderosa que las que yo había visto en VPL, aunque menos potente que el equipo de procesamiento en paralelo en la UNC. Iwata y sus colegas habían construido un manipulador compacto de nueve grados de libertad como dispositivo de entrada táctil para la operación de escritorio. Parece un juego de "mecano" con juntas metálicas livianas, articuladas, ejes y engranajes, de treinta centímetros de altura y que ocupa tanto espacio como una caja de zapatos. Me senté en una silla y coloqué la mano en el dispositivo. Mi pulgar, el índice y la palma podían manipular distintas palancas apretando y aflojando el puño, y la muñeca podía rotar y moverse dentro de una esfera de unos 30 centímetros de diámetro. Desde mi asiento, miré, a través de un espejo en ángulo, la pantalla, que llenó gran parte de mi campo visual, pero que no me sumergió totalmente en el mundo virtual.

En la pantalla había una esfera roja que descansaba sobre una mesa azul. Una mano articulada, la persona ya familiar del operador en el ciberespacio, flotaba encima de la esfera. Yo moví la mano en el aparato de metal y sentí

que se movía conmigo mientras observaba cómo mi seudomano se aproximaba a la seudoesfera. Cuando los dedos virtuales de la mano en la pantalla entraron en contacto con la superficie de la esfera virtual, los motores y sensores en el manipulador empezaron a oponer resistencia, del mismo modo que lo haría una esfera sólida real si yo tratara de asirla. No era una sensación que yo calificaría de fuerte, pero era palpable, era más un efecto de Kitty Hawk que una experiencia acabada de conversión. Si Iwata y otros logran optimizar la leve sensación de solidez creada por ese prototipo, podríamos pronto ver el día en que los proyectistas de CAD pudieran no sólo introducir la cabeza en sus proyectos, sino extender las manos y palpar los objetos. Una de las aplicaciones inmediatas de ese sistema interesa a los fabricantes japoneses de cámaras: la capacidad de simular la sensación de un instrumento sostenido con la mano, como una cámara, sería de enorme ayuda para los diseñadores que ahora deben trabajar con maquetas que llevan horas y días en ser creadas y modificadas. Finalmente, Iwata tiene fe en que su prototipo evolucionará transformándose en un guante bordado de micromecanismos.

En nuestro viaje de retorno a Tokio, Hattori y yo nos preguntamos en voz alta sobre los beneficios de liberar a las personas paralizadas para que sus percepciones funcionen mediante el ciberespacio, y los peligros de crear una interfaz para máquinas potentes. Lo que justo ahora no necesitamos son máquinas poderosas que le hagan cosas al mundo antes de haber descubierto qué es lo que se le debe hacer al mundo. Para los diagnosticadores médicos o cirujanos que quieren hacer llegar su visión y destreza manual y un microescalpelo dentro de una arteria o una córnea, los robots teleoperados son una ayuda milagrosa para aliviar sufrimientos humanos y salvar vidas. Para los que transforman las selvas pluviosas en madera talada, las enormes topadoras semiautónomas son un instrumento ideal para transformar con eficiencia la bioesfera en billetes de banco. Las familias de los expertos en desactivar explosivos y los bomberos que arriesgan sus vidas y sus miembros podrían considerar los insensibles telerrobots como un regalo de vida. Y para aquellos que no arriesgarían su propio cuerpo, pero a quienes no les importa vomitar metralla a los cuerpos de otros seres humanos, los bombarderos accionados a distancia son el camino a seguir. Las virtudes o los errores de la RV parecen depender de quién hace qué cosa a quién con eso.

Telerrobótica económica y alegre: la RV en Gran Bretaña

"La telepresencia es una forma especializada de teleoperación mediante la cual el operador de un sistema remoto es presentado con los equipos de una estación de trabajo, capaces de crear la ilusión de que él está realmente presente en un sitio de trabajo remoto y arriesgado. Desde un punto de vista histórico, la investigación en ese campo fue algo dispersa, y se suministra-

ron solamente displays específicos y medios de control para los operadores de sistemas telerrobóticos (por ejemplo, estéreo, o displays acoplados a la cabeza, o monitores dermatoesqueléticos). Hubo muy pocos programas orientados a la integración de esas tecnologías en una tentativa de producir un bando de ensayos verdadero de telepresencia."

ROBERT STONE
Investigación de los factores humanos en el ARRC, 1990

Me coloqué el "guante inflado" y tuve diversas sensaciones vagas pero definidas en la punta de los dedos. Sentía como un guante con diminutos bultos, dinámicos, que se movían en él. La demostración se llevó a cabo en un garaje bien equipado, pero de todos modos un garaje doméstico, en las afueras de Londres. James Hennequin, el inventor, me aseguró que cuando la cosa estuviera afinada yo podría usarla para reproducir la sensación de asir una taza de té. Esa demostración requería una credulidad de un orden de magnitud mayor que el de la experiencia de Kitty Hawk. Era como visitar a Orville y Wilbur en su taller de bicicletas cuando estaban montando uno de sus primeros y condenados prototipos de una máquina de volar. El compañero de Hennequin, también inventor, tenía una cámara de video CCD estéreo que imitaba ingeniosamente y con poco gasto la manera en que los ojos humanos tienden a converger sobre cualquier objeto que enfocan. Lo que Robert Stone y James Hennequin tenían para mostrarme, a medio mundo de distancia de Tsukuba, varios meses después de mis experiencias extracorpóreas en la ciudad de la ciencia, no era todavía un prototipo listo para los ensayos. Lo que vi era un banco de ensayos en construcción. Ciertamente, terminé viajando a una distancia considerable entre los componentes del banco de ensayos: un guante, en un garaje al norte de Londres, un equipo de teleoperador en Culham, un pequeño laboratorio móvil en Manchester. Es todo lo que ellos podrían reunir, cuando esté conectado —más el fino ingenio de la manera en que todo fue montado por muy poco dinero— y es lo que hace de la telerrobótica del Reino Unido una actividad particularmente digna de atención.

Robert Stone se muestra justificadamente orgulloso de su capacidad de construir "telerrobots baratos y alegres", como lo expresa a veces, con los magros presupuestos que hay en Gran Bretaña. Uno de sus secretos es hallar contratistas geniales para construir los componentes vitales del banco de pruebas de la RV que Stone está creando para la European Space Agency, la European Atomic Energy Authority y varias brigadas de explosivos y de bomberos.

Me enteré acerca de Robert Stone y me enredé en el asunto de títeres durante una temeraria excursión que nos puso en contacto al principio de una larga conferencia científica. En una subida por una campiña seca, más que escarpada, en las afueras de Santa Bárbara, California, el último marzo, Stone

mencionó que uno de sus contratistas de RV trabajaba para una compañía de Londres conocida como la Spitting Image. Al oírlo tuve la sensación desconcertante —como un fotógrafo que desde el futuro iluminara de pronto con su flash mi pantalla interna—- de darme cuenta que tendría que agregar una excursión a Londres a mi itinerario de investigación. Recuerdo que estuve parado allí en las colinas desérticas, bufando y resoplando, todo sudado y probablemente casi tan enrojecido como Robert Stone en su traje y con su corbata y su reloj biológico todavía en Cotswolds. Aunque la terrible necesidad de aire acondicionado y la falta de café helado había embotado mi capacidad de pensar, me di cuenta de que la misma conversación continuaría otra vez en Inglaterra, no demasiado tiempo después, porque la historia era demasiado buena para ser ignorada. Por coincidencia, hacía un calor espantoso también en Inglaterra cuando llegué allí en julio, tanto calor que el Big Ben dejó de funcionar durante un par de horas poco después que yo me hubiera ido.

Como otros hilos extraños de la aventura de la RV, que sólo empezaron a tener sentido para mí cuando comenzaron a entretejerse con otros cabos extraños, mi exposición a la investigación telerrobótica británica se produjo años antes de que yo iniciara mis indagaciones sobre la RV por medio de mi primer encuentro con el teatro satírico automatizado de títeres. Hace ocho años, en un viaje a Inglaterra, visité a un par de artistas extravagantes, alegres, con afición por la política, Roger Law y Peter Fluck. Roger Law se parece al pirata Barbanegra. Mide más de un metro ochenta y es bastante fornido. Tiene un cabello negro indómito y una barba desordenada, salpicados ambos ahora de gris, con las mejillas siempre rosadas, con intervalos melodramáticos en su risa y los ojos que le centellean desde el centro del cuarto. Es fácil ver a Law "lanzando desperdicios por las ventanas del bar", como describió él una vez sus días en Nueva York.

Peter Fluck, el compañero de Law desde los días de la Universidad de Artes en Cambridge, es tan alto como Law, pero es delgado, curtido por el aire y sardónico. Roger lanza epítetos. Peter arquea sus cejas. No hay lugar a dudas de que usan el arte como un arma —un aguijón a las sensibilidades tanto como un cosquilleo en las costillas— cuando uno ve lo que ellos crean. Cuando los visité la primera vez en Cambridge, en 1982, acababan de construir un títere que se parecía o bien a Alfred Hitchcock o a la reina Victoria, según como se lo vistiera; al mismo tiempo estaban fabricando teteras de porcelana con la cara de Margaret Thatcher, y la nariz de la primera ministra como pico de la tetera. Las imitaciones automatizadas de Margaret Thatcher fueron en realidad las que llevaran a Peter Fluck y a Robert Law al ámbito del desarrollo de hardware de la RV.

En la época en que los visité por primera vez, el espacio de trabajo de Fluck y Law era un viejo edificio de piedra que anteriormente había alojado la capilla de una sociedad de templanza metodista, una ironía que no dejó de divertirlos cuando alimentaban sus esquemas de conquista de los medios universales con horas de sátira sangrienta, con interminables jarras de cerveza en los

bares destartalados, a diez pasos del callejón, y con estruendoso rock and roll hasta tarde por la noche. (Persiste en mi memoria el recuerdo de Law hablando a voz en cuello en el otro cuarto mientras yo me tambaleaba en el baño buscando el retrete, que resultó ser una pared húmeda con una cuneta a nivel del suelo.) Fluck y Law bosquejaban y esculpían, riéndose con risa ahogada ante la malignidad que reflejaban las mandíbulas del títere de Reagan, o bramando inducidos por la hilaridad ante los movimientos pornográficos que habían inventado para un títere que representaba a Margaret Thatcher. Deliraban con la idea de crear legiones de sus malignas caricaturas políticas tridimensionales. Soñaban en soltar sus morbosas creaciones sobre naciones enteras.

Spitting Image fue el nombre del monstruo benevolente que surgió de los esfuerzos de Fluck y Law. De por sí, Spitting Image siempre fue un mito mutante de la realidad virtual. Ellos habían perseguido el arte honorable pero no muy seguro de la sátira política durante años, esculpiendo y fotografiando caricaturas de las figuras políticas para las tapas de revistas desde *Time* y *Der Stern*, hasta el *London Sunday Times*. Law había sido artista interno en Reed, durante mi carrera de estudiante allí. Su mayor deleite, ya en 1968, había sido crear sus mundos de títeres filmados de venganza artística, donde todas las figuras políticas que él despreciaba pudieran ser vistas por unos y otros a la luz cruel de la caricatura. A principios de los años 80, habían preparado un plan para saltar directamente a la televisión internacional en las horas punta, en sociedad con una compañía de producción respetable, con el respaldo financiero de un solitario magnate de computadoras y en connivencia con unos pocos espíritus afines de la industria televisiva de Gran Bretaña.

Al parecer, su plan era más inspirado que loco, pues cuando yo volví a sus estudios, con la camisa empapada, en un caluroso día de julio de 1990, casi una década después de nuestro primer encuentro, Spitting Image se había mudado desde "la capilla" a unos grandes edificios remodelados en el East End de Londres, donde multitudes de artistas y técnicos estaban construyendo un pequeño ejército de títeres políticos móviles, aún más aviesos, para sus series televisivas multinacionales registradas.

La RV entró en el guión de Spitting Image y me llevó de vuelta a Inglaterra a raíz de su búsqueda de caricaturas cada vez más repugnantes y realistas. Ellos ya empleaban a tres titiriteros humanos para manejar cada títere para la cámara, pero necesitaban expresiones faciales enteramente móviles y sincronización de los labios. Sólo un mecanismo interno, algo que necesitara tanto técnica como arte, podía animar a sus creaciones de la manera que ellos deseaban. Había nacido la ingeniería de Spitting Image Durante los últimos dos años, gastaron cientos de miles de libras tratando de aplicar la cibernética a la sátira. Un inventor que Peter Fluck encontró y a quien financió, un individuo llamado Jim Hennequin, demostró que podría hacer cosas absolutamente mágicas con tubos y mangueras y tanques de aire comprimido. Con la experiencia de Fluck en títeres y la inventiva de Hennequin, descubrieron que no sólo podían hacer que se movieran sus títeres, sino que podían distorsionar sus ras-

gos de forma grotesca, fluida, precisa, hiperrealista, gracias a uno de los dispositivos de Hennequin. Estos mecanismos, como pude ver de inmediato, iban a ser aún más importantes para el mundo de la realidad virtual.

Le llevó una media hora a Roger Law, tan amable y mal hablado como siempre, mostrarme sus estudios londinenses. Habían reconstruido los interiores de una serie de edificios de industria ligera en el East End, por la misma calle cerca de una fundición de campanas que había quedado en ese sitio desde 1570. En el interior del estudio, había salas llenas de jóvenes fabricantes de títeres, caricaturistas, moldeadores, ingenieros y especialistas en producción que creaban repartos enteros de títeres. Las cabezas de estado de todas las naciones, figuras políticas prominentes de Gran Bretaña, todos y cada uno de los miembros de la familia real, los ídolos culturales británicos y norteamericanos estaban visibles en varias etapas de su construcción —el prototipo de Alfred Hitchcock/reina Victoria desde los días de Cambridge se había multiplicado varias veces—. Y los títeres de Spitting Image de los años 90 se movían. Las cejas palpitaban, las mejillas se inflaban, los labios mostraban el llanto. Peter Fluck me llevó a la vuelta de la esquina, al edificio de Ingeniería donde la magia neumática se desarrollaba haciendo que los títeres se retorcieran y escupieran.

El alboroto del sonido —jazz fuerte, perforadores neumáticos, y el "spiff, spiff, spiff" del aire comprimido que escapaba por las válvulas— fue lo primero que me saludó. Me di cuenta de que "a la vuelta de la esquina" designaba una cultura totalmente diferente de la que yo vi en el sitio original. A diferencia de los estudios principales de Spitting Image, que eran una madriguera de oficinas y talleres, el taller de Ingeniería era más o menos un espacio enorme. Máquinas despojadas y títeres ataviados recorrían su trayecto sobre plataformas por todo el recinto. Había títeres enormes que movían sus cuellos, manos, muñecas, orejas sobredimensionadas, en coreografías gestuales grotescas una y otra vez, como si ensayaran a fondo diversas configuraciones. Mi siguiente impresión fue producida por la vista de Jim Hennequin —sólo podía ser él— impartiendo instrucciones, controlando medidores, una vorágine de actividad vestido con una chaqueta blanca de laboratorio, el mismísimo cuadro de un Prometeo moderno. Recuerdo haber pensado que después de años de visitar laboratorios de investigación, fue él la primera persona a quien vi usar realmente una chaqueta blanca de laboratorio. Más tarde, cuando Hennequin piaba acerca de "neumática limpia, barata, nada de su sucia hidráulica", me pregunté si usaba esa limpia y blanca chaqueta para causar efecto. Recordé con qué cuidado procedían en Hawai en el Naval Ocean Systems Center cuando ponían en marcha el "hombre verde" y otros telerrobots: si el sistema no funcionaba a la perfección, un fluido caliente a presión podía saltar y atravesar el cuarto y golpearlo a uno en la cara.

A Hennequin le deleita deslizar el término "LBO" en sus entrevistas con la prensa junto con otras siglas técnicas. Jim Hennequin tiene la cabeza y la barba pelirrojas, más o menos recién recortadas. Es un hombre devoto a quien

le gustan los epítetos no blasfemos, que lo mira a uno por encima de sus gafas bifocales con engarce metálico, como suelen hacerlo aquellos que los usan, y larga a chorros tantas citas que he llenado páginas de mi anotador con sus epigramas. Cuando volví a casa descubrí que varias de las frases que él declamaba con tanta pasión y que anoté cumplidamente aparecieron también en los recortes de diversas publicaciones británicas que él me había dado antes de que yo me fuera. Es justo, me imagino. Él tiene algunos puntos para destacar, de modo que se asegura de que sean citados y los repite siempre que la prensa pase por ahí.

Lo que representa la sigla LBO es Low Bullshit Option (Opción Poco Recomendable), y eso explica las actitudes de Hennequin con respecto a los académicos y la mayoría de las instituciones. Es un hombre que hace funcionar las cosas. Siguiendo esas líneas, uno de sus dichos favoritos es: "Si usted quiere hacer algo, vaya y hágalo. Consiga un pedazo de metal, métalo en la morsa y córtelo. Ésta es mi manera de trabajar. En muchos lados, la gente gasta su tiempo en reuniones". Tengo la sensación de que le gusta repetir esas palabras una y otra vez. Es el tipo de individuo que vive para cumplir hazañas que en otros campos la gente cree imposible de llevar a cabo. Si Charles Babbage hubiera contratado a un ingeniero con la actitud de Hennequin, los británicos podrían haber inventado la computadora en el siglo XIX. Sin embargo, como muchos ingenieros, él está tan concentrado en su tarea, que pierde de vista lo que busca cuando se propone realizar algún trabajo.

"Infle una manguera chata y se vuelve redonda", explicaba Hennequin con una sonrisita, reseñalando una enorme bobina de un componente clave del Flexator, una manguera chata de bomberos. Esta frase explicaba el básico principio físico según el cual funcionaba el aparato que nos rodeaba. Me mostró uno de los mecanismos internos visibles a través de la cabeza de un títere semiconstruido de Ronald Reagan. Un pedazo de manguera chata, cortado y pinzado con grapas de acero hasta una determinada longitud, estaba enroscado de una cierta manera alrededor de un tubo de forma específica, conectado con un mecanismo que se parecía a una parte de una trompeta o de una tuba, desde la cual partían tubos de diámetro más pequeño, serpenteando hacia un tanque de gas comprimido. La forma precisa en que una manguera se vuelve redonda y las diferentes maneras de deformarse cuando se la enrosca alrededor de una base metálica de una u otra forma, antes de ser inflada, proporciona la dinámica para imitar los movimientos musculares humanos. Los movimientos reales se llevan a cabo con aire a 7 atmósferas de presión, con una manguera que se prueba a 60 atmósferas. Pero las secuencias de los movimientos, su funcionamiento para dar vida a los títeres, son controlados electrónicamente. Considerando cómo se confeccionan los robots electromecánicos, y hasta los robots "antropomórficos" hidráulicos, la idea de construir un esqueleto de metal, cortar un trozo de manguera de incendios de una determinada longitud y darle vida llenándola de aire tiene cierta elegancia.

Una vez creado un juego de Flexators para un títere y colocados en su si-

tio los elementos de movimiento parcial o manual, se pueden programar diversas combinaciones de esos movimientos en software. El títere animado de Margaret Thatcher, siempre un objeto favorito de la banda del Spitting Image, era su obra principal. Su sola mirada es suficiente para hacer marchitar un ramillete de flores que esté cerca, cada vez que ella fuerza el cuello y pone sus ojos en él. Los labios están sincronizados con el habla y expresiones caricaturescas de asombro, codicia, miedo y ultraje pueden acompañar sus declaraciones registradas de antemano. Hennequin espera hasta que llega el momento apropiado de asombro durante la demostración de la Thatcher para advertir que la alquilan por 2.500 libras por día, lo que significa que "¡ella gana más que la verdadera!".

Los ingresos de las presentaciones de la Thatcher, que parecen ser populares en las asambleas de las grandes compañías en Londres, van a Inventaid, una empresa sin fines de lucro encabezada por Fluck, Hennequin y el doctor Robin Platts, un médico cuyos pacientes les ayudan a desarrollar y ensayar instrumentos auxiliares manejados por Flexators para los discapacitados. Como el doctor Larry Leifer en el hospital VA de Stanford y el doctor Tachi en el Laboratorio de ingeniería mecánica del MITI, el equipo de Inventaid cree que la telepresencia es una solución prometedora para los problemas de aquellos que hasta ahora han tenido muy pocas esperanzas en ese sentido. La idea de las sillas de ruedas robóticas con brazos fácilmente controlables ha estado flotando por algún tiempo, pero la robótica no ha demostrado ser fácil, confiable ni segura, y el costo de proveer semejante equipo a los que lo necesitan ha sido prohibitivamente alto. Hennequin declaró en una entrevista en el *London Observer*: "No hay nada más irresponsable en la Tierra que diseñar y confeccionar dispositivos que resuelvan el problema de las personas discapacitadas y luego decirles que cuestan 20.000 libras. Nosotros nos proponemos hacer la cosa por 2.000 libras por silla y estoy absolutamente seguro de que lo haremos".

Los prototipos de Inventaid fueron las cosas que Hennequin me mostró luego. A la vuelta del príncipe Carlos, con orejas de murciélago y alzándose de hombros constantemente, había una silla de ruedas. Sujeta al brazo de la silla de ruedas hay una agarradera mecánica similar a las que se ven en los robots industriales grandes y costosos. En lugar de los pesados mecanismos que dan a la agarradera sus grados precisos de libertad, están los Flexators. Éstos proporcionan la fuerza. Allá, en el otro extremo del taller, están desparramados sobre un banco algunos de los mecanismos inventados para controlar el brazo. El experto en electrónica de Inventaid, Matthew Steinberg, estuvo confeccionando un sistema controlado por la lengua para aquellos que sólo pueden mover la lengua y los globos oculares. Recortando los costos de la fuerza mecánica e inventando mejores dispositivos de control, Inventaid espera extender las facultades de las personas cuyas mentes, que les funcionan perfectamente, están atrapadas en cuerpos paralizados.

Uno de los rasgos fascinantes del sistema muscular neumático es la posibilidad de usarlo para construir plataformas móviles económicas, otro proble-

ma de la RV que es de tan alto costo que la mayoría de los sistemas lo evitan. Los simuladores de vuelo más caros se construyen en cabinas móviles de modo que los movimientos físicos de la plataforma se correspondan con los movimientos que se perciben en la simulación de vuelo. Sin alterar el sistema de detección del movimiento en el oído interno, las simulaciones realistas de los ciberespacios tienden a causar náuseas a la gente, el mareo del simulador. Sin embargo, el costo de construir una plataforma móvil que pueda mover una silla o un escritorio o un cuarto con rapidez y precisión, para hacerlo corresponder a los movimientos del modelo del mundo, fue sumamente alto. La electrónica es barata, pero los dispositivos mecánicos, sobre todo los grandes, potentes y precisos, son costosos.

"Siéntese ahí", ordenó Fluck después de que Hennequin se fue revoloteando ese día en Londres. Fluck señalaba una silla común de oficina que apareció atornillada a un trozo de madera cortada. Se sonrió y presionó un botón tan pronto como yo estuve sentado. La silla empezó a sacudirse enseguida. Si yo hubiera estado mirando una montaña rusa simulada por un display de cabeza, o si hubiera visto un viaje en coche por las dunas como en la demostración del Sensorama de Morton Heilig, los movimientos de la silla podrían haber producido un chillido de verosimilitud, como lo produce la plataforma móvil del viaje por las estrellas de Disneylandia. Cuando dejó de moverse, yo me levanté y bajé de la plataforma. Fluck se arrodilló, tomó un borde de la madera cortada y colocó la plataforma de canto. En el fondo había varios Flexators colocados estratégicamente. "Nos llevó dos horas construirla y menos de 100 dólares el costo del material", dijo. No es de extrañarse que se riera. Hizo un ademán señalando una versión más grande en el hall, una plataforma lo suficientemente grande como para llevar varios adultos sentados en un viaje de parque de diversiones, completo, con olas que llegan rodando, caballos que corcovean o avionetas que se aceleran en el espacio.

Hennequin volvió a revolotear por el taller, y se detuvo apenas para combinar un encuentro conmigo para el día siguiente, cuando yo había planeado reunirme con Robert Stone para un recorrido por los componentes desparramados de su banco de pruebas de telerrobótica o de RV en construcción. Fluck, Law y yo nos retiramos al pub más próximo para cumplir con la parte informal de nuestra entrevista. Al día siguiente, ocurrió que Robert Stone y yo estuvimos conversando acerca de teleoperadores y bancos de ensayo de RV una vez más (y sometidos ambos a otra ola de calor), esta vez en la estación de trenes Didcot, a unos 45 minutos de Londres. Por lo menos, no estábamos a pie. Su coche, lamentablemente, no tenía aire acondicionado. Retomamos la conversación donde la habíamos dejado en Santa Bárbara, cuatro meses antes, cuando el auto nos condujo a través de los campos tostados de una verdadera Gran Bretaña rural. Decididamente no era el Silicon Valley suburbano, el corazón urbano de Akihabara, o el centro de Anaheim. Las filas de cercos eran altas, los caminos angostos, los pubs tenían nombres como "George and Dragon" y las casas de piedra tenían esa pátina multisecular musgosa que los ja-

poneses llaman *sabi*. A una media hora de coche desde la estación de Didcot, se podría ver cómo convergían las líneas de transmisión eléctrica, luego se volvían visibles las verjas alambradas justo antes de que se asomara un complejo de edificios de color tierra. Allí no había pátina. Viene a la mente la palabra "desparramar". Nos detuvimos en la oficina de vigilancia y mostré mi pasaporte. Con tarjetas prendidas en nuestras camisas ajadas entramos en los laboratorios Culham de la autoridad de energía atómica del Reino Unido.

La gran noticia que había ese día en el Laboratorio de Culham era que no funcionaba el aire acondicionado. Stone y yo intercambiamos una mirada. Nuestro próximo encuentro ¿sería en Arizona? Antes de echar una mirada a la instalación telerrobótica, necesitaba tomar algo. Encontré una máquina automática en la cafetería. Había un letrero en la máquina. Pensé que era un letrero muy británico: "Por favor, comprenda que esta máquina no recibe monedas de 10 peniques". Una traducción norteamericana sería: "NO SE ACEPTAN MONEDAS DE 10 PENIQUES". La versión japonesa expresaría el pesar por la imposibilidad de aceptar monedas de 10 peniques y ofrecería disculpas al consumidor. Una máquina alemana ya hubiera sido reparada.

Debido a la dispersión geográfica de las actividades telerrobóticas del Reino Unido, Stone gasta mucho tiempo en conducir por la campiña británica verde y placentera, que estaba más marrón y abrasada el día que nos reunimos con él. La Agencia Espacial Europea (ESA) había realizado estudios de teleoperación y control con el consorcio británico formado por el Espacio Aéreo británico, la autoridad de energía atómica del Reino Unido (Laboratorios de Culham y Harwell) y, más recientemente, el hogar y la base de Stone, al norte, en el Centro de Investigaciones de Robótica Avanzada del Reino Unido. A la caída de la noche me di cuenta que el circuito normal de Robert Stone en su recorrido de los contratistas de RV era de varios cientos de kilómetros.

El recinto de robots del Laboratorio Culham estaba cercado para mantener a las personas fuera de la zona en la que deambulaban las máquinas semiautónomas que allí se construían. Había allí un robot industrial (producto europeo de Asea, según pude observar) con un sistema de control especialmente diseñado para la telerrobótica, completo, con cámaras de video y luces. Una plataforma sobre ruedas le proporcionaba una movilidad limitada. En la sala de control, el operador tenía un control de bola de seis grados de libertad, una entrada de voz directa a un sistema de reconocimiento de la voz, joysticks gemelos, monitores gráficos de color y de video y, dentro de los próximos meses, si la ESA los financia, podrán agregar unidades de DataGlove Modelo 2 y un display de cabeza con la capacidad para conmutarse entre el video y el grafismo computacional o mezclar ambos. El día que yo estuve allí, se ensayaba un sistema gráfico predictivo que mostraba al operador un modelo informático del robot, con un retardo entre los movimientos del operador y la respuesta del robot, simulando el tipo de retardos que podían esperarse si el operador estaba en la tierra y el robot en órbita. La trama de la misión para la ESA se basaba en aplicaciones en las que los operadores humanos en tierra o en ór-

bita asumirían el comando de los telerrobots en el espacio, una trama similar a la visión original de la NASA presentada por Fisher et al. Por cierto, la demostración de Scott Fisher del sistema de la NASA en 1988 había sido la "experiencia de conversión" que había transformado a Stone en un organizador de la investigación de RV de vanguardia en Gran Bretaña.

Después de ver Culham viajamos con el coche para ver el taller más modesto donde Hennequin había elaborado la tecnología que yo contemplé en el espléndido taller técnico londinense de Spitting Image. Otro de los empresarios de Stone, David Watkins, había prometido traer la videocámara estéreo de convergencia automática que estaba construyendo. Entre las diversas entidades y empresas privadas británicas que financiaban su trabajo, Stone recibía anualmente 100.000 libras para hacer funcionar su banco de pruebas de telerrobótica. No es mucho dinero, sobre todo si se consideran las capacidades del sistema que él había especificado. Hennequin y Watkins eran las arma secretas de Stone en su batalla por el presupuesto. Me puse alerta cuando advertí los carteles del camino a Bletchley. Resulta que Cranfield, el pueblo donde están la casa y el taller de Hennequin, está ubicado a pocos kilómetros de Bletchley Park, el mismísimo lugar donde el pionero de las computadoras Alan Turing había descifrado el código alemán durante la Segunda Guerra Mundial.

Era una casa suburbana común. El vehículo sumergible sueco en el camino de entrada era una pista que indicaba que allí vivía algo más que un habitante suburbano común. Encontramos a Hennequin atareado en un pequeño taller bien equipado, que compartía el garaje con un antiguo automóvil Riley amorosamente restaurado. También estaba David Watkins, un individuo algo más tranquilo que pertenecía claramente a la misma escuela de innovación "Anda y hazlo ya". También llegó un representante de Johnson and Johnson; estaba interesado en las aplicaciones del Flexator para la fabricación de guantes de goma. La ausencia de válvulas de corredera propensas a la fricción era uno de los aspectos que lo hacía interesante para la industria. "Un gran enemigo es la fricción", es una de esas cosas que a Hennequin le gusta decir en el mismo tono en que uno lo imaginaría diciendo "un delicioso y rico budín". Me probé el guante táctil, "el guante globo", como lo llamaba él. Un hombrecito en Devon hacía los guantes de lycra de acuerdo con las especificaciones de Hennequin. Pareció el arranque de algo.

—Robótica suave —canturreó Hennequin, cuando me vio mirando unas bolsas inflables que eran claramente demasiado grandes para guantes.

Trabajaba también con la idea de robots inflables que se pudieran introducir por pequeños orificios en recipientes nucleares a presión y se comandaran por telepresencia para verificar soldaduras y realizar tareas de mantenimiento.

La estereocámara tenía el aspecto que debía tener una estereocámara: dos lentes, montados en un "cuello" de aluminio de múltiples grados de libertad, con videocámaras de color en miniatura. "Una relación de aproximación de catorce a uno, con una gran velocidad de respuesta", explicó Watkins cuando vio que su aparato atraía mi atención. Era muy ingeniosa la convergencia au-

tomática del aparato. Como había observado el doctor Tachi, la convergencia es un elemento clave en la construcción de los sistemas de telepresencia que no enferman a las personas. Cuando miramos un objeto, los músculos de nuestros ojos hacen girar nuestros globos oculares hacia adentro de modo que las líneas de la mirada convergen en la parte del entorno en la que centramos nuestro foco visual. Las estereocámaras no convergen, a menos que se las diseñe exprofeso para que lo hagan. Watkins construyó una versión "barata y agradable" pero muy precisa de lo que Tachi había construido en su laboratorio. Usando el componente de enfoque automático de una cámara común, Watkins supo activar dos motores de alta velocidad para hacer converger las lentes estéreo dondequiera que estuvieran enfocadas.

Dejamos Cranfield y enfilamos al norte hacia Cotswolds. Impaciente por brindarme una experiencia propiamente británica, Robert Stone había hecho las reservas para cenar en el castillo de Thornbury y había invitado a Iann Barron, el fundador de la compañía de microprocesadores británica más adelantada, a que nos acompañara. El castillo había sido parcialmente completado hace unos quinientos años por un joven noble ambicioso que fue ejecutado por el rey por no tener la autorización correspondiente para la construcción de los almenares y otros toques militares en la arquitectura. De modo que fue un castillo a medias durante varios siglos, hasta que un norteamericano lo compró y lo transformó en el restaurante como el que se esperaría encontrar en un lugar como ése. Budín caliente al caramelo. Calvados en el salón. Un mundo muy diferente del sake caliente y peces vivos o emparedados y Coca Cola con alcohol en otros rincones del universo de la RV.

Barron, un individuo tranquilo, amable, con una sonrisa permanente, totalmente computerizado, tenía un interés de toda la vida por la computación; uno de sus instructores en Cambridge había sido el nieto de Charles Babbage. La empresa de Barron, INMOS, había organizado una compañía interesante para arrancar, llamada División. Lo que ellos producían era una especie de arquitectura de computadoras en paralelo, conocida bajo el nombre de "arquitectura de transputer" que, da la casualidad, se adecua singularmente a los sistemas de realidad virtual. Y División está ubicada a unos 15 kilómetros de la casa de Robert Stone. Stone se enteró de su existencia en ocasión de una visita a VPL. Al observar un acento familiar en Silicon Valley, Stone inició una conversación con la mujer de un empleado de VPL. Ella había venido de Manchester, donde está ubicado el principal laboratorio de Stone, y le preguntó a éste si sabía que había una compañía incipiente relacionada con la RV en Chipping Sodbury, justo al final del callejón que pasaba por su propia casa. Cuando volvió de Estados Unidos, Stone encontró otro nido de genios, extraordinariamente jóvenes y que estaban allí bajo sus narices.

Pasé la noche como huésped de Stone y de su mujer, Helen, investigadora de la percepción para el Espacio Aéreo británico, que trabaja con asuntos relacionados con el simulador en su granja remodelada de 400 años de edad. Después de cenar estuvimos mirando separatas de la ATR e informes sobre in-

vestigaciones de la NASA, así como otros podrían revisar folletos de viajes o álbumes familiares. A la mañana siguiente, Robert y yo salimos para visitar Division. Era otro día asombrosamente caluroso en la campiña británica. Yo esperaba encontrarme con un parque industrial de bloques livianos y fui gratamente sorprendido al ver un viejo edificio de piedra cerca de un riachuelo, una pequeña estructura de dos pisos con todas las puertas y ventanas abiertas. Parecía que hubiera en total unas doce personas, ninguna de ellas mayor de 25 años. Fui informado por un atildado joven de nombre Charles Grimsdale, y que se parece a Bill Gates, el joven multimillonario que fundó Microsoft, la compañía de software para las computadoras personales, en su adolescencia.

Como Gates, Grimsdale tiene la costumbre de acentuar su exposición empujando sus gafas sobre el caballete de la nariz. Esgrimiendo un pizarrón blanco y un marcador, como un viejo profesor, pasó a explicar de forma clara y sencilla qué era un "transputer" y por qué una empresa que los fabrica está interesada en la RV. Adquiría sentido mientras él hablaba. Empezó trazando un cuadrado con una breve línea perpendicular a cada uno de los lados. El cuadrado es el microprocesador en el cual una unidad de procesamiento que funciona está reducida a un chip. Por las cuatro líneas puede entrar y salir información. Luego trazó más cajas en los extremos de las cuatro líneas, y más líneas. Era un "transputer". Una red de computadoras, cada una sobre su propio chip, que intercomunican y entretejen los resultados formando modelos del mundo y gráficos de alta resolución. El paralelismo masivo es un paradigma arquitectónico moderno, aparentemente poderoso pero de ninguna manera comprobado y que confiera un nuevo nivel de poder a la computación ortodoxa.

Como la Pixel-planes, la máquina que representa masivamente la realidad en paralelo que desarrollan Henry Fuchs y John Poulton en la Universidad de Carolina del Norte, las arquitecturas de transputer constituyen una forma de construir dispositivos de computación que usan muchas microcomputadoras que funcionan en paralelo, en lugar de una gran computadora poderosa que procesa información por pasos. Iann Barron tiene una visión del paralelismo masivo que él alentó en la INMOS. Hace diez años, hicieron los procesadores más rápidos del mundo. Aunque la INMOS no vende tantos chips de computadoras en el mercado mundial como Fujitsu o Intel, los que vende están hechos muy ingeniosamente. La forma en que están dispuestos los elementos sobre un chip y los métodos mediante los cuales se llevan a cabo las tareas de computación en los circuitos, constituyen la "arquitectura" de la computadora, y las arquitecturas de la INMOS constituyen su fuerza. El arte y la técnica del transputer es sobre todo una arquitectura. Y los espectaculares adelantos en la arquitectura de las máquinas de la realidad están llamados a producir impresionantes progresos en los modernos sistemas de la RV.

Los transputers son a las arquitecturas masivas en paralelo lo que los microprocesadores son a las computadoras: un transputer es un chip que tiene capacidad de computación y comunicación (los cuadrados y las líneas que

Charles había dibujado en el pizarrón blanco). Puesto que un sistema incorporado en cada chip logra que pase información hacia adentro y hacia afuera del procesador central, se hace posible conectar esos módulos como bloques de construcción para edificar una comunidad de computadoras estrechamente unidas que pueden dividir el trabajo e intercambiar información. Si uno tiene una tarea que puede ser dividida entre módulos semiautónomos —como, por ejemplo, pintar una forma gráfica compleja en un CRT estéreo o poner al día un millón de detalles sensoriales relevantes del modelo mundial— puede ganar gran poder de computación conectando una gran cantidad de diminutos chips relativamente baratos. En la Pixel-planes, la salida de cada uno de los procesadores en paralelo es un elemento digital; una computadora entera está destinada a hacer el seguimiento para ver si el pixel está presente o ausente, cuál es su brillo y cuál es su color. Los jóvenes arquitectos de transputers en Division vislumbran la RV como un campo que está ansioso por tener lo que ellos venden: un sistema para manejar masivas cantidades de datos con mucha rapidez.

La idea, según lo explicó Charles, consiste en pensar en las diferentes partes de un sistema de RV como en un objeto inteligente que necesita intercambiar ciertas informaciones con otras partes del sistema pero no tiene por qué considerar necesariamente el cuadro general. Otra parte del sistema es responsable de vigilar qué información debe ir desde qué módulo a qué otro módulo. Cada módulo cumple su parte y el cuadro general emerge sencillamente sin costuras. Los flujos de datos procedentes del guante deben terminar de alguna manera traducidos en una serie de posiciones precisas en un modelo de computadora que será exhibido sobre un display de CRT para que lo evalúen los usuarios. Y los flujos de datos procedentes del sistema de audio tridimensional deben integrarse con los cambios que se producen en la posición de la cabeza del usuario. El rastreador del ojo, si lo hay, contribuye a suministrar más información a la computadora. Los displays visuales, acústico y táctil, que provienen de la computadora, se agregan a la carga computacional.

Si se piensa en la acumulación de procesamiento y comunicación requeridos por un sistema de RV como una enorme masa de computación que debe efectuarse con mucha rapidez, se choca con las barreras de la realidad. Hacen falta muchos millones de operaciones por segundo, como las que la informática sabe dedicar a un problema, para simular un modelo de la realidad que nuestros biosensores generan a cada segundo. Pero si se piensa en un sistema de RV como una especie de comunidad de sistemas que deben hacer tareas más pequeñas, especializadas, en perfecta sincronía, muy rápidamente, el problema puede hacerse más tratable.

Abandonando el pizarrón blanco por la sala de las computadoras, donde el calor acababa de averiar el DataGlove, me coloqué un juego de EyePhones —una opción no muy recomendable para un día húmedo y pegajoso— y tomé un sensor electromagnético Polhemus en lugar del guante. El mundo virtual era muy simple. Un juego de tambores flotó en el espacio. Cuando moví la

mano, un palillo de tambor virtual se movió sincrónicamente y un sonido retornó a mí cuando el palillo se intersectó con el tambor. Con un guante táctil que tuviera alguna capacidad de realimentación de fuerza, supongo que hubiera sentido cómo vibraba el instrumento de madera y rebotaba contra el parche tenso del tambor. Un auricular binaural reprodujo el sonido de un tambor militar virtual a pocos centímetros delante de mí, un címbalo de bronce virtual a unos centímetros a la derecha a nivel del hombro y un tam-tam a la izquierda. El objetivo de los jóvenes que crearon ese sistema no era tanto montar sistemas de RV más ingeniosos, sino construir una máquina de la realidad monstruosa que desplazara a todas las otras computadoras, cuando realmente empezara a funcionar. Los sistemas de RV son sólo medios de proveer la capacidad de sus productos. El propio producto está alojado en un cubo negro mate con la palabra "Visión" marcada en la tapa.

Todo lo que yo sabía sobre arquitectura de computadoras lo acabo de explicar en los párrafos anteriores. Estoy lejos de ser un experto calificado. Pero si usted oye hablar a la gente sobre arquitecturas de computadora se dará cuenta muy pronto de que todos tienen una opinión, sostenida a menudo con fervor. Y yo creo que esa idea del transputer parece una forma muy prometedora de opinar acerca de la trama de información que se necesita para alcanzar una RV de alto nivel. Si se plantea la hipótesis de que las barreras científicas y tecnológicas para construir dispositivos de entrada y de salida para una RV de total verosimilitud deben ser superadas —y la tridimensionalidad es perfectamente realista como lo son el sonido, el movimiento y la sensación del mundo virtual—, entonces la barrera final para crear la ilusión va a requerir una arquitectura de computadoras capaz de arreglárselas con la explosión de procesamiento de información que se crea cuando se enchufan todos esos dispositivos juntos y se deja que el sistema nervioso humano se arregle con ellos.

Ahora bien, otra tecnología habilitante está convergiendo en los sistemas de realidad que todavía no han sido ensamblados. Dentro de diez años, División podría llegar a ser un actor gigantesco en una nueva industria o podría sufrir el destino de la mayoría de los arranques de alta tecnología y desaparecer de la vista como algunos actores formidables o ser algún grupo inicial que llega a tener suerte, gana algunas batallas y ocupa el nicho de arquitectura de las computadoras en la tecnología de la RV que emerge.

Después de ver las piezas del rompecabezas que estaba armando —los guantes, las cámaras, los telerrobots y los equipos de transputer—, Stone y yo fuimos en coche a Manchester para ver uno de los lugares en que todas las piezas se ensamblan. El laboratorio de Stone era pequeño, bien equipado. Un edificio de ladrillo de dos pisos, que ocupaba la quinta parte de una manzana, albergaba varios laboratorios de robótica, computación e interfaz humana. Una mirada echada al lugar dejaba entrever que el área de especialización eran vehículos pilotados a distancia.

—En contraste con la orientación de manipulación remota que se lleva a

cabo en otros establecimientos internacionales —señaló Stone—, nuestra investigación se concentra en el campo de la conducción remota de vehículos.

A principios del año 1991, la ARRC espera combinar en su Demostrador de Interfaz del Sistema Humano Virtual un vehículo de navegación remota, un displays de cabeza, un sistema de comando de reconocimiento y síntesis de la voz, un DataGlove Modelo 2, una estereocámara y un par de micrófonos montados sobre un mecanismo de cabeza de giro y balanceo de alta velocidad, que incluía un módulo sensor de lazo cerrado para controlar la convergencia de la cámara. Su objetivo es combinar cuadros de video estéreo de paisajes reales con ventanas y cubiertas de gráficos. Una vez ensamblado, el sistema constituirá un banco de pruebas para llevar a cabo una investigación precisa de los factores humanos en transferencia de control de operadores entre conducción remota y manipulación remota, integración de efectores diestros con entrada de gestos manuales, realimentación táctil y de fuerza y modelación del mundo conducida por sensores. Todo esto se haría con un presupuesto total que es menor en un orden de magnitud que el precio de una computadora masivamente en paralelo de una Máquina de Conexión en el ATR. Con un presupuesto pequeño, metas ambiciosas pero enfocadas con precisión, de un grupo de genios independientes que se concentran en hacer funcionar las cosas en lugar de asistir a reuniones, Stone quizá tenga más ingredientes para el éxito de lo que él mismo cree, cuando llama al esfuerzo del Reino Unido "el primo pobre" de la RV mundial.

Máquinas de salvamento en medio del fuego, "armas robots" y microcirugía son temas serios, pero las aplicaciones de la realidad virtual no se limitan a asuntos de vida y muerte. Entretenimientos e instrucción, dos campos de la actividad humana que parecen estar relacionados, son ambos objeto de un intenso estudio en la mira de empresas influyentes en Japón. Nintendo está creando sistemas para la PowerGlove de Mattel. Fujitsu, uno de esos gigantes verticales que pueden darse solamente en Japón, y que hace todo desde microchips hasta grandes computadoras, inteligencia artificial para entretenimiento doméstico, parece haber apuntado al potencial de entretenimiento e instrucción para el ciberespacio. Al día siguiente de mi visita a Tsukuba eché una mirada muy instructiva al laboratorio de investigación y desarrollo de Fujitsu en Kawasaki, un suburbio de Tokio. Algunas de las visiones del futuro de los entretenimientos y la instrucción que yo vi en Fujitsu me remitieron a lo que quizá sean las raíces históricas más antiguas del ciberespacio. Esa nueva tecnología, según parece, podría ser la última y la más potente, pero no la primera manifestación de una tradición cultural muy antigua, poco conocida y nunca más importante que ahora.

13

Los orígenes del drama y el futuro de la diversión

"Mientras que una película se usa para mostrar una realidad a un público, el ciberespacio se emplea para dar un cuerpo virtual y un rol a cada uno de los espectadores. La prensa y la radio relatan; el escenario y el filme muestran; el ciberespacio encarna... Mientras que el dramaturgo y el cineasta procuran ambos comunicar la idea de una experiencia, el fabricante de espacios procura comunicar la experiencia misma. Un creador de espacios organiza un mundo para que un público actúe directamente en su interior, y no solamente para que el auditorio imagine que experimenta una realidad interesante, sino para que la pueda experimentar directamente... De modo que el creador del espacio nunca puede esperar comunicar una realidad particular, sino sólo presentar oportunidades para que cierta clase de realidades puedan surgir. El cineasta dice: 'Mire, yo le voy a mostrar'. El creador del espacio dice: 'Preste atención, le ayudaré a descubrir'."

RANDALL WALSER
Elementos de un teatro del ciberespacio, 1990

"Las computadoras son teatro. La tecnología interactiva, como el drama, provee una plataforma para representar realidades coherentes en las que hay actores que realizan actos con características cognitivas, emocionales y productivas... Durante dos mil años, la teoría y la práctica dramática se dedicó a un fin que es notablemente similar al de la nueva disciplina de interacción hombre-computadora; a saber, crear realidades artificiales en las cuales el potencial para la acción está realzado cognitiva, emocional y estéticamente."

BRENDA LAUREL
Computers as Theatre
(Las computadoras como teatro), 1991

Un joven con los EyePhones puestos en el rostro cruza la sala de estar. Tiene las manos extendidas hacia adelante como si estuviera sosteniendo algo. En el país de la RV, revelado como un globo que encierra un pensamiento encima de la cabeza del joven, se ve que él esgrime una espada mágica. En el horizonte humean los volcanes. A una distancia virtual media se vislumbra Godzilla. Fue dibujado esmeradamente a mano sobre un gran pedazo de buena cartulina apoyada en un caballete. La escena representada en el display, según se me explicó, describía la visión de Fujitsu para el primer paso hacia el futuro del entretenimiento. Yo estaba sentado en una sala de conferencias en el piso superior de un enorme laboratorio de investigación y desarrollo de Kawasaki, de Fujitsu, como invitado del ingeniero principal (y beneficiario de la circunstancia fortuita). No sacaron a relucir ninguna maquinaria pesada para mostrármela, pero no carecían de diagramas, proyecciones, películas de video y reseñas orales inspiradas, expuestas por los directores del proyecto. Las presentaciones no dejaron dudas de que Fujitsu trabajaba en serio al intervenir en el negocio de la RV. No era un grupito de estafadores, ni una coalición de entusiastas dentro de una firma grande. Eran los gerentes de investigación de la única compañía que podía vencer a la IBM en el negocio de las grandes computadoras, no en una asignación para el peso mediano.

La capacidad para reunir casi todo lo que provenía de una tecnología interna era una ventaja de ser la clase de conglomerado que era Fujitsu: diversas partes de varios laboratorios fabricaban HMD experimentales y chips para la gráfica y software para modelos tridimensionales, de acuerdo con un plan general destinado a un laboratorio de realidad virtual. Mientras esperaban que se completara el banco de ensayos para la RV, el director del proyecto de realidad virtual de Fujitsu, junto con sus colegas, esbozaron una visión del lugar que su compañía esperaba crear como nicho en el mercado ciberespacial para el día de mañana. La idea del ingeniero jefe y principal ejecutivo de una compañía que proclamaba el guión de un proyecto ciberespacial nos trae a la memoria la visión de John Walker tal como la esbozara en 1988; la principal diferencia consiste en que Autodesk hace negocios por 100 millones de dólares anualmente, mientras que Fujitsu llega a decenas de miles de millones de dólares. Aunque la descripción del teatro de la realidad que yo vi en Kawasaki era sólo una representación de artista de lo que un equipo de investigadores deseaba realizar, esos investigadores estaban en una situación de hacer que esas visiones se transformaran en una realidad global.

La expresión artística del ciberespacio como entretenimiento hogareño era parte de una presentación que el personal de Fujitsu hizo para mí en el transcurso de una tarde. Los gerentes generales de investigación de Fujitsu veían el futuro de la RV de una manera muy específica. En el ATR, tenían una visión de las comunicaciones televirtuales. Los investigadores de la NTT querían construir una interfaz hombre computadora "visual, inteligente y personal". Tsukuba, Manchester y el Centro de los Sistemas Oceánicos Navales (NOSC) de Estados Unidos en Oahu estaban apuntando a aplicaciones de teleoperador. Fu-

jitsu se propone usar los medios basados en la RV para posicionarse en el mercado de la diversión. La realidad virtual como teatro, no sólo como microscopio, medio de comunicación, controlador robótico. CAD, entretenimientos e instrucción eran los tres mercados a los que Fujitsu proyectaba dirigirse.

Si todo el mundo es un escenario, como declara Shakespeare, y si todo el mundo está en el proceso de conectarse para formar un espacio de medios electrónicos global, como profetizara McLuhan, y si las redes de la realidad de los medios de comunicación de masas del futuro pudieran capacitar a cualquiera, en cualquier parte, para experimentar directamente cualquier rol en cualquier ciberespacio que pudiera crear, como suponen algunos investigadores de RV, entonces ¿qué hará la gente para divertirse? ¿Y cómo influiría el negocio total de la diversión en la forma de una sociedad de RV futura? La diversión es un asunto serio si se considera que los dos bloques más grandes de usuarios de nuevas tecnologías de comunicación e información en los años 90 serán las industrias de finanzas y de entretenimiento universales: el dinero y la diversión están haciendo girar las ruedas de la economía mundial. Las maquinaciones electrónicas de los mercados mundiales instantáneos creados por mallas de transacciones electrónicas, junto con los "sitcoms", películas, videos, CD de doble pletina, juguetes parlantes, redes de noticias, videojuegos y parques de diversiones, que constituyen la industria de la experiencia hoy en día, son las mayores fuerzas conductoras que siguen a las tecnologías informáticas de mañana.

Si la idea de un "NTT RealityPhone" suena extraña, ¿qué le parecería a usted "Mundos de Fantasía de Fujitsu"? o bien "Ciberparque Disney de Fujitsu". ¿Le sorprendería a usted que la industria de la educación de mañana fuera revolucionada por el MIT... y Nintendo? Aunque los tres títulos hipotéticos mencionados anteriormente no existen fuera de mi imaginación y no se basan en ninguna alianza existente, que yo sepa, entre esas compañías en particular, la tendencia hacia una asociación mundial entre los conglomerados de los medios y las instituciones de investigación aportan argumentos semejantes al dominio de la posibilidad real. La improbable pero efectiva asociación entre Nintendo y Media Lab surgirá otra vez en el dominio del "educanimiento" de la RV, un primo decididamente importante de las diversiones ciberespaciales.

No se puede ser más japonés que Fujitsu, ni más estadounidense que Disney. Lo sepan ellos o no, esos negocios aparentemente diferentes se van desplazando sobre nuevos territorios, descubiertos por la posibilidad de los productos del entretenimiento ciberespacial. Fujitsu y Disney parecen converger en el negocio de entretenimiento de la RV en el siglo XXI desde dos direcciones distintas: entretenimientos hogareños y parques de diversiones. Si usted olvida por un momento la moderna tecnología y recuerda el "panem et circenses", Puch and Judy, el pregonero de ferias y Coney Island, la comercialización masiva de experiencias fabricadas en espacios virtuales es una antigua tradición en la industria de la experiencia preelectrónica. El actual negocio de

la experiencia mundial multimillonaria salta dentro de los medios electrónicos nuevos hasta tal punto que sus orígenes de baja tecnología quedan oscurecidos, pero se originó en los circos, carnavales, montañas rusas y casas de divertimiento, evolucionando en reinos de fantasía en miniatura, instalados en grandes zonas de estacionamiento. Hoy en día la construcción de mundos de fantasía es un negocio para supergerentes como Michael Eisner, de Disney, y ya no es un juego para P. T. Barnum o Samuel Goldwyn. O así pensé cuando advertí por primera vez el Matterhorn asomándose entre un par de edificios en Anaheim.

Después de salir de la primera presentación de Autodesk sobre "el día de la realidad virtual", el 7 de junio de 1989, en el centro de convenciones de Anaheim (esa vez que Timothy Leary proclamó en carne y en virtualidad la inauguración de un nuevo territorio psicoanárquico, ante una convención más bien lúgubre de especialistas enloquecidos pero entusiastas del diseño asistido por computadoras), caminé cruzando un parque de estacionamiento del tamaño del Sahara, hacia Disneylandia, con otro cibernauta, a fin de rendir homenaje al templo original del mundo del entretenimiento virtual.

Brenda Laurel, que también seguía los desarrollos de la tecnología de RV, había volado en el mismo avión desde San Francisco a Anaheim. Como Scott Fisher, Jaron Lanier, Michael Naimark y otros infonautas que han emergido recientemente como figuras influyentes en el mundo de la realidad virtual, Brenda Laurel atrajo mi atención a través del Laboratorio de Investigaciones de Atari durante su breve auge a principios de los años 80. Trabajamos juntos en otros proyectos y llegamos a ser amigos. Ahora está profundamente enfrascada en el desarrollo de la tecnología, y yo sigo procurando ver adónde apunta ella, porque parece que sabe adónde se dirige la industria de la experiencia electrónica, una orientación que ella describe en forma sucinta como "experiencias protagónicas". Después de la presentación ciberespacial de Autodesk, la doctora Laurel y yo decidimos evadirnos de la conferencia por un par de horas y sumergirnos en una realidad virtual personal de categoría mundial.

La surrealidad sin costuras del panorama era irresistible: dejar atrás los prototipos de cascos de las realidades virtuales para arriesgarnos a través de Anaheim, que era de por sí una zona completamente sintética, encaminándonos hacia el abuelo de todos los ambientes artificiales a gran escala, parecía un ritual apropiado para la ocasión. Resultó que Anaheim fue la primera excursión en mi odisea ciberespacial. Fuera del motel de la Edad Atómica, los jardineros estaban dando forma con sierras mecánicas a las piracantas, convirtiéndolas en Mickeys y Minnies ornamentales. El sol tenía una intensidad venusiana a mediodía en junio. Anaheim en verano no estaba creado para las criaturas móviles que no están equipadas con aire acondicionado.

El viaje "entre las estrellas" en Disneylandia es una simulación bidimensional de un viaje desenfrenado por el espacio cósmico y por diversas arquitecturas míticas futuras al estilo de Lucas, a velocidades virtuales sorprendentes. La larga cola para el viaje entre las estrellas culmina en algo que se pare-

ce a un vagón de metro moderno. El público sale por el lado opuesto, de modo que el sentido de anticipación está magnificado por la incómoda percepción de observar cómo desaparece esa otra gente dentro de la cámara inicial, cómo chillan al unísono precisamente dos minutos más tarde y luego desaparecen. El interior representa una pantalla de alta resolución del tamaño de una pared, con algunas docenas de asientos cómodos con cinturones de seguridad, ubicados en un transporte espacial de guerra de las galaxias, futurológicamente simulado a la manera de Disney. El sistema de sonido es estupendo, fuerte y rodea al auditorio. El efecto de RV más potente es invisible e inaudible; una plataforma móvil, que inclina todo el ambiente en una u otra dirección, produce con tanta eficiencia la sensación de caída en el espacio interestelar proyectado sobre la pantalla, que es posible mantenerse fuera de él y cronometrar los chillidos involuntarios de los pasajeros al segundo.

Uno, decididamente, no necesita una gráfica tridimensional estereoscópica para convencer a la gente de que una simulación es espantosamente real. Gráficas de alta resolución sobre una gran pantalla en una sala pequeña, sincronizadas con un sonido que lo envuelve y una plataforma móvil es suficiente para inducir un estado alterado de conciencia semejante al que produce el incremento de adrenalina que ocurre durante los deportes acuáticos de surf o raft, las carreras automovilísticas o al esquiar. El viaje por las galaxias es una montaña rusa sin riesgo real de muerte, la posibilidad improbable pero siempre presente de que un desperfecto mecánico mande por los aires a su vehículo al espacio físico. Aun cuando Brenda y yo sabíamos que los movimientos de balanceo y desvío era de unos pocos centímetros, la sincronía total del movimiento con la convincente ilusión de que mirábamos por el parabrisas de un vehículo espacial inducían a prorrumpir en chillidos involuntarios y reacciones igualmente involuntarias de adrenalina. Se trataba, sin embargo, de una experiencia totalmente no interactiva; ahí estábamos dispuestos para el viaje. No sé si mi pobre corazón hubiera controlado la tensión si yo realmente procurara gobernar la nave a través del mismo viaje desaforado al que nos lanzó la aventura programada de antemano. Se me ocurrió más tarde que la experiencia era un ensayo directo de una de las hipótesis favoritas de Brenda sobre la arquitectura de los ciberespacios: *mímesis*, el término de Aristóteles que designa la resonancia psicológica de los dramas que movilizan emocionalmente a las personas, es el motivo por el cual nuestro estómago cae cuando el vehículo cae por la puerta de la nave madre. Allí donde Jaron Lanier hubiera señalado que nuestros sistemas cognitivos tratan de llenar los huecos entre la simulación y la realidad, Brenda Laurel acotaría que nuestros corazones, nuestras hormonas, nuestros sistemas viscerales pueden ser convocados en auxilio del verdadero drama.

Aturdidos por esa experiencia, tuvimos que navegar por nuestros propios medios sólo unos cien metros reales a través del Reino Mágico hasta la línea del "Capitán Eco". El Capitán Eco se lleva a cabo en un teatro que da cabida a varios centenares de personas. Disneylandia en Anaheim y Tokio, y Disney

World en Orlando son los únicos lugares en el mundo donde es posible ver ese filme de quince minutos, de alto presupuesto y de un gran nombre. Lucasfilm, Francis Coppola, los "imagineros" de animación de Disney y Michael Jackson formaron un equipo para crear un moderno video tridimensional que le hace creer que usted puede extender la mano y asir esas bonitas y fantasmagóricas pequeñas criaturas que danzan a pocos centímetros de su cara. A la entrada se distribuían anteojos de cartón como los anteojos rojos y verdes que se entregaban para ver las películas tridimensionales primitivas.

Unos pocos minutos antes de que entráramos en el teatro, habíamos estado arriba en la "sala de demostraciones" semisecreta de Autodesk, donde se les concedía a algunas personas selectas diez minutos de vuelo a cada uno a través del ciberespacio. Durante horas habíamos observado a la gente amontonarse en la sala de demostraciones, ponerse el DataGlove y el "succionador del rostro", volar a través de un espacio virtual apuntando con los dedos y estirando los cuellos y emerger de allí con esa mirada enfocada a lo lejos, estática y ahora familiar. Timothy Leary estaba en un rincón alzando las cejas y sonriendo cada vez que un ingeniero o arquitecto o gerente administrativo se quitaba el HMD y lo primero que el flamante cibernauta volvía a vislumbrar en el "mundo real" era a Timothy Leary.

Acabábamos de observar la experiencia de conversión esencial de la RV y Laurel y yo estábamos maduros para que un encuentro directo con el ciberespacio de Disney desencadenara esa clase de pensamiento. La idea de combinar el viaje por las estrellas y el Capitán Eco en una diversión ciberespacial con plataforma móvil tridimensional, conduce directamente a fantasías de un "Mundo de Realidad de Disney". Hay problemas con todo, salvo que los displays de cabeza sean muy livianos, durables y poco costosos, en un lugar donde la base financiera depende en hacer pasar un máximo de gente a través de una serie de experiencias simuladas. Parece que las sensaciones que puede proveer solamente un ciberespacio arquitectónicamente muy bien estructurado y de gran presupuesto —pantallas enormes de alta resolución, sistemas de sonido masivos y plataformas móviles— están en un camino diferente del que sigue la idea de televisores, videojuegos y redes telefónicas que evolucionan convirtiéndose en redes de realidad hogareña. Los espacios de realidad públicos y los espacios de realidad personales, como lo han sugerido Myron Krueger, Randal Walser y otros, pueden constituir un límite que finalmente separe dos enfoques diferentes de la tecnología de RV.

Fantasía de Fujitsu

"Los laboratorios de Fujitsu tienen dos centros cerca de Tokio. En Kawasaki, telecomunicaciones, espacio, procesamiento de información y sistemas personales son los temas que se estudian. En Atsugi, el foco está en los dispositivos, sistemas y materiales electrónicos. Ambos laboratorios condu-

cen investigación y desarrollo de Fujitsu y trabajan en los adelantos que oscilan entre campos que van desde sistemas hasta la tecnología nanométrica.

"Los laboratorios Fujitsu desarrollan tecnología para productos nuevos trabajando estrechamente con diversos departamentos de Fujitsu, e investigan de forma independiente tecnologías futuras para diseñar la siguiente generación de los productos Fujitsu. Este trabajo es la clave del futuro de Fujitsu y cumple la consigna de Fujitsu: 'Lo que la Humanidad puede soñar, la tecnología lo puede lograr'."

LABORATORIOS FUJITSU
Investigación y desarrollo, 1989

El mercado de entretenimientos electrónicos personales estuvo dominado por las compañías japonesas, desde los videojuegos hasta los VCR (grabadores de videocassetes), desde los Walkman y los Watchman hasta los camcorders. Cuando supe que Fujitsu esta auspiciando la investigación del ciberespacio, llamé al doctor Yasunori Kanda, el ingeniero principal de investigación y desarrollo para Fujitsu, que participó como orador en la conferencia de Hypernetwork en la que intervine unos días antes, y arreglamos una visita a sus instalaciones, que quedaban a una hora de viaje de Tokio.

Yo empezaba a acostumbrarme al trato de "honorable invitado", pero la alfombra roja de Fujitsu fue extendida con una elaborada ceremonia que fue suavemente desconcertante al principio. Katsura Hattori tenía otra misión esa mañana en Tokio. Me designaron como guía para ese día a Yo Miyawaki, un reportero de unos veinte años que trabaja para *Asahi Pasocon*, la más importante revista destinada a los ordenadores personales y de propósitos generales en Japón. Es un periodista bastante fogueado si se considera su juventud. Estaba acostumbrado a la limusina que nos llevó. Pero cuando nos mandaron cuatro gerentes para que nos saludaran a la entrada de los Laboratorios Fujitsu en Kawasaki, cuando nos escoltaron hasta la sala de reuniones revestidas con paneles de nogal en el piso superior y nos distribuyeron copias impresas en láser de la agenda para mi visita, me di cuenta que aun mi joven y avezado amigo quedó asombrado. También lo estaba yo. Autores, artistas y maestros, como lo descubrí, tenían un status social más alto en Japón que en Estados Unidos.

Fujitsu es una compañía vertical de la época del saber, que abarca todo desde microcircuitos hasta satélites de comunicación. Crean productos y servicios en los mercados de informática, telecomunicaciones y electrónica. En 1988 tuvieron ventas netas por 15.200 millones de dólares. Es una empresa poderosa. El ingeniero principal de investigación y desarrollo de Fujitsu me dijo al principio de nuestra conversación que Japón era el único país en el cual IBM no se cotizaba muy alto. Existen dos Fujitsus. Las instalaciones que yo visité, uno de los dos grandes laboratorios de investigación y desarrollo, esta-

ba en Kawasaki, un suburbio de Tokio y Yokohama. A diferencia del ATR o la NTT, esas fábricas del futuro no están ubicadas en colinas o en una nueva ciudad de la ciencia, sino en un vecindario de destino mixto, residencial y de industria ligera. A dos bloques de allí, hay un restaurante Denny.

Los microcircuitos Fujitsu que usan técnicas de miniaturización Fujitsu son parte de supercomputadoras Fujitsu que se comunican mediante la red de telecomunicación Fujitsu con las máquinas de multimedios domésticas Fujitsu que agregan posibilidades de video y sonido a los ordenadores personales Fujitsu. Si se combinaran las empresas norteamericanas de Intel (microchips), y DEC (computadoras) y una de las empresas Bell (telecomunicaciones), todavía habría que agregar el equivalente de Hughes Aerospace para ponerse a la par del aliento tecnoindustrial de Fujitsu.

El laboratorio de Fujitsu en Kawasaki me pareció tener un tamaño de una vez y media el del PARC: seis pisos de un moderno edificio blanco austero, de una construcción tan reciente como el ATR. El laboratorio de investigación y desarrollo está cerca de una instalación de un tamaño igual a la mitad, destinada a producir componentes experimentales para las distintas divisiones de investigación y desarrollo. Las plantas de fabricación están en otra parte. El ingeniero principal de investigación y desarrollo de Fujitsu, el doctor Kanda, es reverenciado en Japón porque quebró la principal barrera de entrada de los japoneses en la edad digital: inventó un procesador de palabras japonés que crea ficheros de kanji —la escritura pictográfica japonesa adaptada de los caracteres chinos— sin un teclado de 4.000 teclas. La importancia nacional de descubrir una técnica para usar el antiguo lenguaje con los nuevos teclados no debe ser subestimada; ese software fue un puente importante entre las capacidades de comunicación japonesas y las interfaces que existen ahora para las computadoras.

Como lo explicara el doctor Kanda, la escritura kanji, basada en los pictogramas chinos, tiene un significado pictórico junto con las capas de abstracciones que se le fueron agregando. Quizás un carácter represente cierto fonema que podría formar parte de una palabra que designara una computadora o un melón, pero la representación visual de ese carácter siempre podría tener una vaga referencia visual a una roca o a una persona. El alfabeto inglés carece de significado en el nivel icónico. Esto significa que los lectores japoneses e ingleses usan diferentes partes de su cerebro cuando leen en su idioma. La lectura de caracteres japoneses requiere más pensamiento visual que la lectura de caracteres alfabéticos ingleses, que no tienen otras capas de significado fuera de su estricta significación simbólica. Comprendí que ésta era una de las razones por las cuales la comunicación visual era una meta importante en el ATR y la NTT.

Almorcé en el comedor de ejecutivos con el doctor Kanda, el señor Miyawaki y el señor Koichi Murakami, el director de los proyectos de "realidad artificial" de Fujitsu. Era uno de esos almuerzos de fantasía con cubiertos de plata, con más camareros y escanciadores que comensales; me di cuenta de que

era la primera vez que yo usaba algo que no fueran palillos chinos en dos semanas. Recuerdo haber pensado que los equivalentes estadounidenses de esa gente —los gerentes de investigación de ATT o IBM o Apple, Disney o Media Lab— nunca pensarían en invitar a un escritor de libros de divulgación sobre el futuro de la tecnología a un ambiente como aquél. El futuro no es tan interesante para la mayoría de los gerentes estadounidenses, y los académicos o eruditos no siempre son bienvenidos en las salas revestidas de paneles de los que toman decisiones en los negocios en Estados Unidos.

La razón de la elaborada ceremonia de bienvenida se volvió clara cuando toda la gente de Fujitsu trajo sus ejemplares, muy leídos, de mi libro para que yo los firmara. Pronto descubrí que los directores de investigación de Fujitsu no sólo habían leído *Tools for Thought*, sino que habían usado algunos capítulos como parte de su anteproyecto para investigaciones futuras. En Estados Unidos se había vendido una cantidad muy modesta de ejemplares de ese libro. Descubrí que en Japón los libros sobre tecnología tienen un público activo, sobre todo entre los gerentes de tecnología. Serví como bibliógrafo inconsciente para I y D de Fujitsu cuando ellos se pusieron a pensar en formular una visión para las futuras tecnologías de computadoras; no se trataba de que mis propias ideas dieran forma a su pensamiento, pero los pioneros norteamericanos de computadoras que habían pasado inadvertidos y que yo introduje en el libro proporcionaron a los japoneses una guía para dar el primer paso habitual en un territorio nuevo, averiguando lo que habían hecho los mejores pensadores en el resto del mundo. Puesto que me consideraban una autoridad sólo porque yo les había señalado la importancia de Licklider, Engelbart, el ARC, el PARC y Atari Research, les proporcioné una versión de sobremesa, que había elaborado mientras viajaba de un laboratorio a otro, acerca de que la realidad virtual era demasiado grande para empresas aisladas y demasiado grande para países aislados. Luego volvimos a la sala de reuniones. Todavía no tenían para mostrarme ninguna tecnología directamente relacionada con la RV, pero sí tenían algunos proyectos detallados y una fascinante tecnología habilitante: el "modelo del mundo" y el "modelo de usuario" basados en la red neural que "enseña" cómo presentar la información a los usuarios individuales.

En comparación con los prototipos que había probado en otras partes en Japón, y los laboratorios en construcción que había visitado en Estados Unidos, lo más interesante en la investigación de RV de Fujitsu, en marzo de 1990, no fue lo que tenían para mostrarme en ese momento, o el equipo que habían montado, sino lo que proyectaban hacer y la forma en que proyectaba hacerlo. Hasta donde llega mi conocimiento, los proyectos relacionados con la RV en ATT y la IBM y la DEC siguen siendo esfuerzos a pequeña escala, con sinceros defensores en diversos lugares, aunque el proyecto de DEC parece estar creciendo ahora. Un trabajo maravilloso se lleva a cabo en la UNC y la NASA, pero el gobierno de Estados Unidos apenas si está enterado de dichos esfuerzos. En el ATR, la NTT, el MITI y Fujitsu, sin embargo, la investigación de la RV está integrada en proyectos de alto nivel que las industrias japonesas tie-

nen para las futuras interfaces de computadora, los medios de comunicación y los productos de entretenimiento. La diferencia clave entre la RV en Japón y en Estados Unidos, tal como la veo, consiste en que la RV está integrada en la política industrial japonesa, mientras que Estados Unidos no tiene una política industrial.

De los neurotambores a las fantasías personales

"La música tiene teorías de armonía muy complejas y progresiones de acordes... Muchos investigadores han procurado procesar la información musical en función de sistemas de normas usando esas teorías. Ahora bien, la música tiene una estrecha relación con la sensibilidad humana. Este factor nos lleva, aparentemente, a un punto muerto. Los gustos en música varían de una persona a otra y no hay teoría que explique esa variación. Con las redes neurales se han hecho intentos de simular la intuición y la sensibilidad. Intentamos usar una red neural para el procesamiento sensible de la música y nos concentramos en la ejecución del tambor. Creemos que el ritmo está estrechamente vinculado con la sensibilidad humana y que es más fácil procesar el ritmo que la armonía. En nuestro trabajo nos hemos propuesto que una computadora mantuviera un diálogo musical con una persona que tocara tambores. El intérprete toca los tambores y la computadora responde a ese ritmo. La respuesta de la computadora no debe ser al azar, sino que debe ser un patrón de ritmo satisfactorio como respuesta. El criterio de si la respuesta es satisfactoria varía de una persona a otra. De modo que se le enseña a la computadora el gusto de una persona particular, de forma tal que aquélla responda con patrones de ritmo que reflejen ese gusto."

MASAKO NISHIJIMA Y YUJI KIJIMA
El neurotambor, 1989

Masako Nishijima hizo la primera presentación de algo que pareció primero tener una importancia solo periférica para la RV: el producto neurotamborilero, que usaba la tecnología de la red neural para crear un "compañero" artificial para un tamborilero humano. Cuando las presentaciones posteriores demostraron cómo se usaban las redes neurales como parte de los "modelos del mundo" y "modelos de usuario" para los sistemas de entretenimiento de RV de Fujitsu proyectados, comencé a ver la correspondencia directa que tiene el neurotamborilero con los sistemas de fantasías ciberespaciales. Una red neural es un programa de computadora que se vuelve experto en una tarea ensayando su propia ejecución conforme a criterios humanos específicos en una serie de pruebas, y de esa manera, en un sentido limitado pero poderoso, el programa "enseña" cómo realizar esa tarea mediante ensayo y error.

El software de la red neural es otra tecnología que originariamente derivó de las investigaciones de inteligencia artificial, pero ahora parece tener aplicaciones útiles en la creación de sistemas de RV personales. Esos programas no operan como sistemas de inteligencia artificial "basados en normas", en los que trozos normativos de conocimiento ("las torres se mueven en línea recta", "dos más dos es igual a cuatro") simulan procesos de razonamiento humano. Más bien esos programas se elaboran como redes automodificadoras de conexiones, similares a las "redes neurales" que procesan información en el cerebro humano. Las redes neurales en los cerebros y en las computadoras no están provistas de reglas predeterminadas, sino de una red de relaciones ponderadas entre las variables de entrada y de salida; los pesos de las relaciones pueden ajustarse después de probar un conjunto de entradas, y así el sistema puede empezar a "aprender" cómo emular una voz humana o resolver problemas matemáticos. Las redes neurales "se entrenan" de manera específica para llevar a cabo tareas computacionales que a menudo son difíciles, cuando no inabordables, por los métodos de programación normales, sobre todo reconocimiento de formas y otros intentos de emular los elementos de la percepción y de la cognición humanas.

Había una razón para que Fujitsu me mostrara una red neural en respuesta a mi interés por la RV. Los "ambientes responsivos" promovidos por Myron Krueger veinte años atrás, las fantasías multisensoriales profetizadas por Aldous Huxley y patentadas por Morton Heilig, los "agentes del conocimiento" que los colegas de Negroponte habían perseguido durante la última década en el laboratorio de medios del MIT, y las interfaces "visuales, inteligentes y personales" en construcción en la NTT hoy en día, todos apuntan hacia sistemas de información personal futuros que armonizan muy estrechamente con las características perceptivas, cognitivas y físicas de cada usuario individual. El ciberespacio podría no ser sólo un espacio vacío. Podría tener el potencial para aprender lo que se necesita de él y el modo de preferir comunicarse. A fin de conferir a las computadoras el poder de comunicarse con nosotros, algunos diseñadores de interfaz del usuario están dando a los sistemas de computadoras pequeños fragmentos de "personalidad" que aprenden acerca de nuestros caprichos y preferencias en dominios limitados pero estratégicos. Éste es otro punto de inflexión crítico: las personalidades artificiales que proyectan los constructores de interfaz como nuestros "agentes de conocimiento" y las personalidades artificiales que los comerciantes del entretenimiento proyectan como ciberfantasías, están convergiendo en la cuestión general de los ambientes responsivos o sensibles.

En lugar de crear una interfaz de usuario que tenga aplicación universal —cosa que tal vez sea imposible—, ¿por qué no explorar la idea de crear interfaces humanas que aprendan a adecuarse a cada estilo individual de intelecto y de atención? Las tecnologías habilitantes parecen elaborar los otros elementos de las tempranas visiones que ahora son posibles, de modo que no es de sorprender que viejos sueños de los fabricantes de sueños hayan revivido.

Las experiencias "personales" que Brenda Laurel y sus amigos infonáuticos de Atari trataron de construir a principio de los años 80 fueron concebidas originalmente como mundos gráficos tridimensionales con personajes artificiales que respondieran a casa usuario humano individual como lo hace un actor en un ejercicio de improvisación, sostenido por sistemas normativos que incluían el oficio dramático basado en las teorías de Aristóteles sobre el drama. Hacían la tentativa de prever una especie de esquemas de representación del conocimiento en computadoras que pudieran elaborar las fantasías personales. Las redes neurales entonces no era importantes, pero ahora que sí lo son, resulta claro que los sistemas profundamente personales presuponen un sistema capaz de aprender intuitivamente, mediante prueba y ajuste, de la manera que lo hacen ahora muy bien las redes neurales.

La música es un híbrido de relaciones matemáticas y estéticas, predicción e intuición, y brinda de esa manera un instrumento muy afinable para explorar los dúos hombre-computadora. Si bien el sonido puede ser sintetizado fácilmente y los patrones de sonido se pueden grabar con gran precisión, las tareas auténticamente difíciles para computadoras se refieren a las difusas evaluaciones que implican la armonía y el ritmo. Los investigadores de Fujitsu están interesados en saber si las computadoras pueden aprender a ser compañeros estéticos: ¿puede un músico humano interpretar improvisando un dúo agradable con una computadora? Basándose en ideas bien conocidas, con tecnologías de la siguiente generación, la actividad de Fujitsu apunta a lograr que las visiones de los ciberprofetas de ayer se vuelvan una realidad. El trabajo de Myron Krueger es fundamental, pero sus experimentos se basaban en generaciones muy anteriores de computadoras. Hay algunas investigaciones que se realizan sobre el acompañamiento musical en Media Lab y en otras partes.

El neurotamborilero de Fujitsu es un acompañante de tambor sintético que recibe sus instrucciones de un socio humano a través de un software de red neural. La entrada es un patrón de ritmo interpretado por un tambor humano. La salida es un patrón de ritmo interpretado por un neurotamborilero. El tambor humano puede ajustar los pesos de la red seleccionando entre las salidas ofrecidas por la computadora. El tambor improvisa. La computadora le responde. El tambor vuelve a tocar el motivo de la computadora del modo en que lo hubiera hecho personalmente. Luego el tambor humano toca una improvisación diferente y el neurotamborilero arriesga una respuesta basándose en todo lo que ha "aprendido" hasta el momento.

Escuchar a un neurotamborilero tocar después de uno, cinco, veinte y cuarenta pruebas de aprendizaje era como escuchar a un bebé que aprendiera a hablar en diez minutos; el neurotamborilero aprende rápido. Los gustos rítmicos específicos de un ser humano constituyen el lenguaje que el aprendiz de silicio estaba aprendiendo a hablar. La máquina y el hombre conversaban y, a partir de esa conversación, la máquina empezó a moldearse adquiriendo la forma de la mente humana. Si otro tambor humano diferente deseara crearse un acompañante de tambor, sería necesario entrenar una nueva red.

El neurotamborilero está incorporado a un producto de consumo recién introducido por Fujitsu, que es tema de muchos debates en los círculos de multimedia japoneses y norteamericanos: la máquina "fmTOWNS" ofrece un ordenador personal con los novísimos procesadores digitales más poderosos, con chips de video y de sonido especiales y una unidad de CD incorporada que hizo posible incluir enciclopedias y bibliotecas de video. Según parece, el fmTOWNS es el módulo elemental de los sistemas de fantasía interactiva personal que Fujitsu se propone construir, la "vanguardia" de un sistema potente, más elaborado, que está en construcción.

Mis engranajes mentales se movieron cuando otro tecnócrata más, vestido con un traje de tres piezas, fue hacia el proyector superior y colocó una transparencia con dos citas, ambas familiares pero sorprendentes en su yuxtaposición en un estilo software de presentación Macintosh con sombreado estándar:

"Ilusión - Ver mundos no vistos

"La pantalla es una ventana por la cual uno ve un mundo virtual. El desafío consiste en hacer que el mundo parezca real, actúe como si fuera real, suene real y se sienta real. [Sutherland, 1965.]

"Mírame, siénteme, tócame, cúrame. [The Who, 1969.]"

Esa primera pantalla me despertó. El señor Murakami pareció pensar lo mismo que yo había pensado después de conversar con los entusiastas de la RV. Pero yo soy un escritor y el señor Murakami es un investigador principal de Fujitsu. El señor Murakami declaró que ahora era posible empezar a crear el tipo de ventanas mágicas descritas por Ivan Sutherland y crear el medio de entretenimiento nuevo y masivo vislumbrado por "The Who". No se hizo mención de Aldous Huxley, pero estaba claro que Murakami decía que la era de los "sentidos"[1] asomaba en el horizonte. En función de las tecnologías habilitantes, yo convine en que era hora de empezar la investigación y el desarrollo que pudieran llevar a las experiencias virtuales sensoriales y verdaderas dentro de veinte años. La diferencia entre el señor Murakami y los esfuerzos primeros realizados en Atari Research Laboratories consistían en que la propia corporación Atari era una compañía del instante que surgió de la nada, que el empresario fundador había vendido a la Warners, otro gigante del entretenimiento mundial, cuyos gerentes estaban impresionados por el flujo repentino de efectivo que provenía de los videojuegos (más dinero en el año producido por Pac-Man de lo que Hollywood y Las Vegas habían hecho en conjunto), pero ignoraban el proceso de investigación y desarrollo tecnológicos. Sin embargo, Fujitsu existe hace largo tiempo, y cuando decide iniciar una línea de investigación, ésta será sostenida durante cinco, diez o veinte años si hace falta. Pregunte a IBM acerca de Fujitsu y el negocio de las supercomputadoras.

1. En el texto en inglés "feelies", en alusión a la obra de A. Huxley. *(N. del T.)*

Las películas siguientes que exhibió el señor Murakami, que esbozaban la estrategia de RV de Fujitsu, fueron motivo de mayor asombro. Una cosa es comprender cómo los japoneses se apresuran a adoptar las innovaciones norteamericanas que a menudo son descuidadas por las industrias del país; y otra es descubrir que uno forma parte del medio por el cual ese proceso ocurre. El libro *Tools for Thought* tenía un capítulo, "Brenda y el escuadrón del futuro", que se refería a los elementos de los medios de entretenimiento interactivos futuros que habían proyectado Brenda Laurel y sus colegas en Atari Research. En los siete años que pasaron desde entonces, Laurel prosiguió su investigación, que había empezado con la tesis de la Universidad, hasta completar un libro, *Las computadoras como teatro*. La principal dirección de su investigación hacia lo que implica crear un mundo artificial que "responde empujando" está expresada en el título del libro: ella ve las artes antiguas y la filosofía del drama como fuente de futuras inspiraciones sobre interacciones hombre-computadora e interacciones humanas computadora mediante. La interacción con una interfaz ciertamente inteligente es un acto dramático, afirma ella, no estrictamente perceptivo ni lógico. La tesis doctoral de Laurel era un proyecto híbrido de drama y ciencia de la computación, que demostraba que los medios interactivos tales como los videojuegos y los videos de aventura por computadora evolucionaban hacia una interacción dramática descrita por Aristóteles en su *Poética*.

Laurel fue la primera en señalarme el pasado, los orígenes del drama, como un lugar donde se podía encontrar el marco para dar sentido al futuro. Las maquinaciones de los "imagineros" en Anaheim y Kawasaki eran sólo la última manifestación, más intensiva, tal vez la menos consciente, de lo que podía ser una muy antigua tradición cultural, en verdad. La diversión podía ser más seria de lo que se creyera anteriormente, y entonces la conexión entre el éxtasis y el ciberespacio podía ser más antigua de lo que cualquiera pudiera sospechar. El futuro del ciberespacio sólo puede ser decodificable para aquellos que comprenden su pasado.

Ciberespacios dionisíacos y nacimiento del teatro

> *"Había un jofaina metálica asociada con la iniciación que había sido reconstruida matemáticamente. La concavidad de la jofaina era tal que un joven que mirara hacia adentro y esperara ver su propio rostro vería en su lugar la cara de un anciano o la máscara de un anciano sostenida por el candidato. El choque de la constatación, la muerte y la vejez dentro de la juventud representa una apertura de la mente a una dimensión lógica de su propia existencia. Al no estar fijado a ese momento particular de la vida, el iniciado se despierta ante todo el curso vital. Fuera de eso habrá reestructuraciones asociadas con el sentido de todo ello. Ese choque no lo experimentaría el joven si un amigo que hubiera pasado por el misterio se lo hubiera*

contado. Por esta razón se consideraba criminal revelar algo de los misterios. Ahora bien, si cosas como ésta estuvieran asociadas, además, con una situación levemente alucinógena en la mente, uno puede imaginarse qué clase de iluminación podría producirse."

JOSEPH CAMPBELL
Day of the Dead, 1988

"El Festival de Dionisos era un acontecimiento anual que celebraba la muerte simbólica y el renacimiento del dios y, por ende, de la naturaleza. Se encargaban varias obras para ser interpretadas en cada festival a modo de concurso por un premio que se otorgaría al mejor drama. La gente de teatro que estaba involucrada en la producción de las obras (incluso actores, músicos y encargados de vestuario) mantenían una fuerte conexión con la religión dionisíaca, y formaron finalmente un gremio o hermandad cuyo jefe era generalmente un sacerdote de Dionisos.

"Los primitivos dramas griegos surgían de la intersección entre filosofía, religión y arte. La ocasión era ostensiblemente religiosa y hay motivos para creer que por lo menos algunos de los actores se sintieron 'poseídos por el dios' cuando actuaban en el festival en su homenaje. Los temas elegidos por los grandes dramaturgos trágicos a los efectos de la representación teatral en el festival eran asuntos de gran importancia, que describían la evolución de la filosofía griega a través de su tratamiento dramático de mitos e historias conocidas, tales como las tragedias de Agamenón, Orestes y Edipo. Comunicaban ideas filosóficas y religiosas, proporcionando al mismo tiempo la ocasión para una experiencia colectiva de la emoción. El drama griego era la manera en que la cultura griega expresaba en público el pensamiento y los sentimientos acerca de los asuntos más importantes de la humanidad, incluso la ética, la moral, el gobierno y la religión. Llamar al drama meramente un 'entretenimiento', en ese contexto, es errar la puntería. Los griegos empleaban el drama y el teatro como herramientas *para el pensamiento, de una manera similar a como nos proponemos emplearlos en un futuro no demasiado distante."*

BRENDA LAUREL
Computers as Theatre, 1991

Hombres jóvenes, elegidos en secreto, recibían la poción preliminar justo antes del alba. Cuando los ingredientes empezaban a actuar, sus padrinos los llevaban de los brazos. Luego descendían literalmente a los misterios. Sus guías conducían a los novicios por los antiguos escalones, hacia los dioramas esotéricos arreglados para ello en las cámaras oscuras. En el Mediterráneo del

Éste, un ritual subterráneo de *sonido y luz*, tenía lugar como parte de la iniciación de las sociedades mistéricas. Los misterios estaban asociados con el culto de Dionisos, el antiguo dios de lo selvático, la danza, el canto y la intoxicación, cuyo dominio de influencia se retrajo con la reducción de las selvas vírgenes. El estudioso francés Alain Danielou, en su libro *Shiva et Dionysius*, presenta pruebas de que los cultos del Mediterráneo de Dionisos y de los devotos asiáticos de Siva era ambos parte del mismo fenómeno. Era parte de una cultura más antigua de pequeñas aldeas de granjas aisladas que existían en el Mediterráneo y en el norte de la India hasta que los invasores a caballo y armados de espadas bajaron del Cáucaso para imponer los estilos helénicos y védico de vida a sus conquistados. El ritual central de los cultos tanto dionisíaco como sivaíta era el mismo: hombre y mujeres salían a hurtadillas de sus casas en medio de la noche y se reunían en los claros de los bosques para compartir vino o hachís y luego bailar, cantar y realizar ceremonias. Los resultados a menudo era orgiásticos. A veces entrañaba canibalismo ritual. En las colinas de Grecia, esas reuniones tenían a menudo lugar en anfiteatros naturales.

El teatro griego, sinónimo ahora de los cimientos de la civilización occidental, evolucionó en forma explícita de las fiestas dionisíacas. El festival anual de Dionisos, que celebraba y reencarnaba la muerte simbólica y renacimiento del dios, la tierra, el alma y el cosmos, se convirtió en las tragedias de Esquilo y las comedias de Aristófanes. Los teatros griegos en los cuales se desarrollaban los dramas de Eurípides, eran santuarios dedicados a Dionisos, y el propósito original de esas producciones dramáticas que se llevaban a cabo allí fue el mismo que el de las fiestas dionisíacas y de Siva, que simulaban la liberación de las energías espirituales y la convocación de la iluminación mística. Los aspectos selváticos con participación de público se fueron diluyendo cuando a las aldeas animistas, tribales, les sucedieron los estados ciudades paganas, urbanas, pero el meollo del ritual se preservó, simbólicamente. Por último, el teatro evolucionó en el arte de la tragedia.

Aristóteles propuso que la función de la tragedia indujera el estado espiritual y emocional o *catarsis*, la liberación de un sentimiento profundo que tenía originariamente una fuerte connotación de purificación de los sentidos y del alma. De acuerdo con la teoría aristotélica, las emociones de piedad y terror son estimuladas por el arte de la tragedia, y esos componentes fundamentales y emocionales de la experiencia espiritual desencadenan el estado deseado. El método por el cual se evocaban esas emociones, la *mímesis*, una combinación de participación indirecta y suspensión de la incredulidad, vuelven a aparecer más tarde cuando el componente mimético de las realidades virtuales futuras entra en la historia. La mímesis, como el alfabetismo, es una abstracción, un método de empaquetar una experiencia densa en una información codificada. Imitando otras cosas, el ritual y el drama sirven para invocar estados mentales y emocionales mediante el poder humano, muy desarrollado, de la asociación.

En algún momento, hace varios miles de años, los antiguos medios de

embriaguez fisiológica mediante infusiones de plantas, canto, danza y frenesí sexual fueron reemplazados por nuevas abstracciones —diálogo y tramas, utilería, máscaras y coros— que simularon los éxtasis dionisíacos originales, induciendo sentimientos similares en el auditorio. Ahora se sabe ciertamente que las famosas máscaras del drama griego habían sido dispositivos de audio, diseñados para amplificar los sonidos de las voces de los actores en los anfiteatros al aire libre, que se construían así por sus propiedades acústicas; y se usaban mecanismos semejantes a grúas para suspender las figuras de dioses que volaban para crear efectos tridimensionales especiales.

Los argumentos de los éxtasis más antiguos y de la dramaturgia griega más nueva eran los mismos temas, el tipo de preguntas que se podían formular solamente en estados no corrientes de conciencia. ¿Qué clase de criaturas somos, que descendemos de animales pero que soñamos con dioses? ¿En qué consiste el meollo de la naturaleza humana y cómo cambia? En su *Poética*, Aristóteles declaró que el drama proporciona placer porque es una imitación de profundas necesidades, sentimientos e ideas y ayuda a los hombres a comprender el mundo; la diversión y el conocimiento vienen juntos en el drama aristotélico. Pero los rituales abiertos del teatro analizados por Aristóteles fueron un desarrollo tardío, una reminiscencia de éxtasis de influencia apolínea, una versión pública suavizada. Algunas ceremonias permanecieron secretas y se hacían bajo tierra, para grupos más pequeños. Hasta épocas recientes, se sabía poco sobre los contenidos reales de los misterios que se celebraban durante miles de años en sitios tales como Eleusis. Lo que sí se sabía era que a los iniciados se les prohibía bajo pena de muerte revelar qué se llevaba a cabo en los rituales de iniciación. Sobrevivieron algunos artilugios, sin embargo, y la simbología codificada se descifró finalmente y se relacionó con los rituales de iniciación.

En 1988 asistí a una conferencia dada por el mitólogo Joseph Campbell. En la conferencia, Campbell enfocó las iniciaciones del misterio analizando los elementos complementarios fundamentales de muchas experiencias culturales: las extáticas y las racionales. Lo que sigue es una transcripción de una conferencia de Campbell que posteriormente fue publicada en un ensayo:

> "El nacimiento de la tragedia *de Nietzsche destaca que en el arte hay dos principios, que son el dionisíaco y el apolíneo. Dionisos representa el dinamismo que transforma las cosas y luego las destroza. Apolo representa la mente iluminada que da forma a ese proceso.*
>
> *"El principio apolíneo hace que el pensamiento y los sentimientos se vinculen con las formas y se deleiten con las cualidades únicas de un momento, una persona o una cosa especial. Por otra parte, hay momentos de éxtasis dionisíaco cuando el placer consiste en ver y sentir y oír cómo se destroza y se aplasta la forma. La sublime expresión de poder y de fuerza, que destroza todas las cosas y procrea todas las cosas, está en los dos puntos de vista. Uno sigue el dinamismo, y el otro sigue el principio formal. Pero para*

una obra de arte se deben poseer ambos. Cuando un aspecto se concentra demasiado en la forma y en el pensamiento de la experiencia viva, muere. Debe estar allí el otro aspecto. No puede haber vida a menos que algo se quiebre. Vivir su muerte es un sentido de ese proceso y requiere un maravilloso equilibrio. Nietzsche dice que el equilibrio entre los principios dionisíaco y apolíneo fue lo que confirió a las grandes tragedias su calidad especial. Juntos, los dos aspectos nos dan la experiencia de nuestra propia vivencia y nuestra vida.

"En contraste con el principio apolíneo, el éxtasis dionisíaco tiene la calidad de la embriaguez. La Naturaleza desata las ligaduras y arroja fuera los principios limitantes, y engendra la alegría y el arrebato de ser en el ser. Dionisos es el señor de la vid y del vino. Representa la juventud en su momento maravilloso, energético, de mayor belleza, que fue celebrado por los poetas que cantaron loas a los jóvenes atletas."

Campbell explicó una serie de fotografías en primer plano de unas bandejas de metal labrado que representaban una secuencia de escenas enigmáticas. Comparando los símbolos representados en las bandejas metálicas con otros artefactos más conocidos, los estudiosos pudieron reconstruir el contenido de las iniciaciones de los misterios eleusinos. Según Campbell, el propósito del ritual consistía en despertar en el iniciado una conciencia del equilibrio entre vida y muerte, entre las fuerzas dionisíacas y apolíneas, hecho que se presentaba de una forma más suave en las tragedias públicas. Al principio de la secuencia de iniciación, el iniciado pasa por una sacerdotisa que sostiene un cáliz con sangre, un recuerdo de la alegoría dionisíaca del sacrificio y la transformación, la muerte del sí mismo que debe preceder al renacimiento del espíritu. Acompaña a la sacerdotisa la figura de Orfeo. A la entrada al templo hay una figura que sostiene una canasta de la cual el iniciado extrae una piña, cuyas semillas son recordatorios de que la forma temporaria del cuerpo no es tan importante como la vida para la cual el cuerpo actúa como un vehículo mortal. El iniciado, sosteniendo la piña, continúa con un cuervo, símbolo de la Muerte, posado en su hombro. Otras secuencias simbólicas presentan a las diosas mellizas Deméter y Perséfone, que rigen el renacimiento y el descenso al submundo. Ese descenso al mundo subterráneo, el reino de Plutón, el señor de la muerte y la transformación, lleva al iniciado a la cámara subterránea en la cual le espera la tecnología de la realidad virtual.

La jofaina metálica descrita por Campbell en el epígrafe de esta sección fue una herramienta para crear una ilusión visual realista. Viendo la cara de un viejo en lugar de la propia, el iniciado recibe un choque al percibir su verdadera naturaleza como vehículo mortal de un espíritu inmortal. Una realidad virtual se usa para atraer la atención del iniciado hacia una realidad más profunda subyacente a las apariencias de un mundo exterior, una realidad que no difiere por la forma, la materia o la energía de su manifestación, sino por la manera en que el iniciado se vuelve consciente de ella. Como escribiera Wi-

lliam James en *The Varieties of Religious Experience*, "Nuestra conciencia de vigilia normal es sólo un tipo especial de conciencia, mientras que, separadas de ella por finísimas pantallas, yacen formas potenciales de conciencia enteramente diferentes. Podemos pasar por la vida sin sospechar de su existencia, pero aplíquense los estímulos requeridos y allí estarán todas en su completitud". Otros estudiosos han presentado pruebas de que ese choque, "el estímulo requerido" de los chamanes paleolíticos y de los místicos eleusinos, fue amplificado por el uso de sustancias alucinógenas, posiblemente lisergamidas derivadas del cornezuelo de centeno, material original del alucinógeno moderno LSD.

Es posible que Platón aludiera a esas iniciaciones en su Alegoría de la Cueva en *La República*, donde usó la idea de una especie de "cueva-teatro" como forma de analizar sus teorías referentes a la índole de la realidad:

"Imagínese una humanidad morando en una cueva subterránea..., imagínese que se haya construido una pared baja, como las pantallas que ponen los titiriteros delante de su público, por encima de las cuales trabajan con sus títeres. Véase luego a portadores que llevan a lo largo de esa pared toda clase de artículos que sostienen proyectándolos por encima de la pared, estatuas de hombre y de otros seres vivos, hechas de piedra o madera y toda clase de materiales." Los objetos y los seres que vemos en este mundo, aseveraba Platón, son como sombras proyectadas por los objetos y los seres "ideales" de los cuales son meramente instancias temporales. Hay un mundo real en el cosmos platónico, pero nunca lo vemos directamente. Vemos una ilusión basada en una realidad, un mundo virtual.

Sólo podemos especular sobre el contenido del conocimiento que se impartía en las cámaras paleolíticas de la realidad virtual (y la idea de dónde venía todo eso se hará cada vez más importante en el capítulo final, cuando se llega a conocer hacia dónde va todo eso en el futuro). Se sabe más acerca del conocimiento en el seno de las religiones mistéricas, conocimiento relacionado con el nacimiento de una nueva persona postribal, igualmente apolínea y dionisíaca, que se convertiría finalmente en el "ciudadano" de las civilizaciones occidentales. "La enciclopedia postribal" transmitida en las ceremonias de misterios se puede considerar como una especie de mapa donde figura el origen de los seres humanos, hacia dónde vamos, junto con una fuerte visión de lo que son realmente los humanos: seres espirituales que han evolucionado a partir de formas animales y que siguen encarnados en ellas. Los rituales, en todas sus formas culturales diferentes, comparten el mensaje medular de que somos criaturas en medio de un proceso de cambio y que esa capacidad para el cambio, aprendizaje y crecimiento es de por sí una parte importante de la naturaleza humana.

El teatro es un proceso psicológico que usa el lenguaje, el ritmo, la voz, el mito y las tecnologías que alteran la percepción para alcanzar un estado mental específico en el público. Aristóteles decía que la *catarsis* era una forma saludable y necesaria para que la gente tratara los grandes temas de la vida

y de la muerte. El medio por el cual la catarsis es inducida en un público, la mímesis, es la capacidad de simulación emocional que habilita a los humanos a entrar en empatía con los actores en el escenario e internalizar los dramas que se presentan ante sus ojos y oídos después que se levanta el telón. Comprender los componentes humanos de la mímesis podría llegar a servir de base a la naciente investigación psicológica de la experiencia virtual. Un desafío tan formidable como el de descubrir la naturaleza del sentido humano de mímesis es la opción espinosa de cómo introducir la mímesis en una máquina. Las cuestiones espinosas llegan a adquirir mucho valor en las fronteras de la informática cuando proveen "los problemas conductores" que, según cree Frederick Brooks, son motores poderosos del progreso científico. El desafío de construir personajes autónomos en el ciberespacio podría ser un problema conductor que oriente la aplicación de tecnología de RV a los productos de entretenimiento. No es improbable que los avances tecnológicos y científicos futuros sean estimulados por resultados colaterales que se obtengan en la investigación y desarrollo de la industria del entretenimiento. Las teorías artificiales del drama que pueden ser codificadas en algoritmos, por ejemplo, podrían ser impulsadas por el deseo de crear "personajes artificiales" para futuras formas de entretenimiento.

A principios de los años 80, una de las tecnologías de inteligencia artificial más estimulantes era el "sistema experto" o "sistema normativo" que captaba una porción de pericia humana formulándose en una serie de reglas que se "extraían" de los expertos humanos mediante un proceso de preguntas y respuestas. Usando esos sistemas para aumentar el conocimiento limitado de una persona en un campo como el diagnóstico médico o la prospección geológica o el diseño de arquitectura de los microchips o la configuración de las redes de telecomunicaciones (áreas de aplicación de mucho éxito para sistemas expertos), muchas personas han podido amplificar su capacidad para emitir juicios sobre problemas específicos. Uno de los primeros sistemas expertos de más éxito, MYCIN, contenía una base de datos sobre cierta clase de enfermedades y una serie de reglas obtenidas en entrevistas con diagnosticadores que analizaron los criterios usados para establecer un diagnóstico a base de muchos juegos diferentes de síntomas. Otro médico que no fuera experto en MYCIN podía indagar el sistema respecto de los síntomas de un caso particular y usar la "base de conocimiento" del sistema para ayudar a establecer el diagnóstico.

Brenda Laurel y los otros atariítas querían construir un mundo en el cual se pudiera entrar, con rocas difíciles de mover y héroes y villanos y todos los otros personajes que hacen tan fascinante la fantasía. Las técnicas para controlar la aparición de gráficos generados por computadora requieren pericia y muchas horas de trabajo arduo, pero por lo menos tenemos una idea de cómo hacerlo. David Zeltzer y sus estudiantes en el Pozo de Víboras de Media Lab, persiguen el problema difícil pero no inabordable de construir personajes gráficos tridimensionales autónomos, prestando atención a su apariencia y a su movimiento, pero no a lo que pudieran decir o a la forma en que pudieran

reaccionar a la comunicación humana. Introducir un sentido de drama en el interior de un mundo, crear personajes artificiales que no respondan de acuerdo con un guión, sino que improvisen según reglas de interacción dramática, requeriría alguna clase de inteligencia artificial más allá de las habilidades de la tecnología presente. ¿Cómo se desarrollaría entonces una tecnología futura, a partir de lo que conocemos hoy? Laurel propuso en su tesis que se aplicara un sistema experto a ese problema. La pericia consistiría en aplicar las reglas expuestas por Aristóteles en su *Poética*, y la base de datos contendría información sobre el mundo artificial y sobre las reacciones del público actor.

Pero los sistemas normativos basados en reglas resultaron ser sólo una parte de la respuesta. Varias aperturas científicas diferentes han demostrado en los últimos años las posibilidades de adecuar otros enfoques que programación a un sistema que pudiera superar las deficiencias de los sistemas normativos. La teoría del caos y el estudio de los sistemas complejos han revelado que un juego correcto de reglas muy simples aplicadas reiteradamente a la misma información pueden generar un comportamiento muy complejo. Y las redes neurales han demostrado que es posible construir computadoras que saben muy poco pero que son capaces de aprender mucho. Tal vez la respuesta resida en un híbrido de reglas y redes. O tal vez la persecución de semejante híbrido pondría al descubierto otro obstáculo que debería ser superado por otra herramienta informática nueva. En un trabajo de 1986, "Interface as Mimesis", Brenda Laurel expuso un motivo fuerte explicando por qué la gente se siente impulsada a perseguir amplificadores de la fantasía apenas la tecnología se lo permite:

> *"No es suficiente con imitar la vida. El drama presenta una metodología para diseñar mundos que están predispuestos a proporcionar acciones significativas cautivantes, donde los personajes hacen elecciones con conexiones causales orientadas a resultados, donde fuerzas más grandes, como la ética, el destino o la suerte, forman constelaciones de significados que rara vez proporciona el mundo real. Los mundos construidos dramáticamente son experimentos controlados, donde lo irrelevante es cercenado, y el esqueleto desnudo de la elección humana y de la situación se revelan a través de una acción significativa. Las predisposiciones de esos mundos están encarnadas en los rasgos de sus personajes, y el juego de situaciones y fuerzas están encastrados en sus contextos. Si podemos lograr que esos mundos sean interactivos, de modo que las elecciones y acciones del usuario puedan fluir a través de canales dramáticos, entonces prepararemos un ejercicio de la imaginación, el intelecto y el espíritu, que es de un orden enteramente nuevo."*

El motivo por el cual quedé pensando en las ideas de Brenda Laurel, mientras estuve sentado en una sala de reuniones en Fujitsu, fue que el señor Murakami al hacer su presentación invocó el nombre de ella cuando empezó a hablar acerca del "nivel más alto" de la "realidad artificial" (RA) que Fujit-

su proyectaba crear. Se mencionó a Myron Krueger, pero el señor Murakami estaba más interesado en los sistemas personales que en los ambientes responsivos, por lo menos en lo que al futuro inmediato se refiere. Los tres niveles de RA, según lo considera Fujitsu, consisten en el nivel del *dispositivo*, nivel del *sistema* y el nivel del *arte y aplicación*. El nivel del dispositivo es el DataGlove, el EyePhone, el DataSuit y otros elementos de hardware de entrada. Las futuras tecnologías de rastreo del ojo y de percepción gestual sin guantes pertenecerán a este nivel cuando se optimice su diseño. Los sistemas de hardware que vinculan al humano con la computadora se controlan y se relacionan mediante un sistema de software que incluye, según el modelo de Fujitsu, el grafismo computerizado, el reconocimiento del habla y del gesto, la modelación del mundo y las capacidades de modelar del usuario. El nivel más alto consiste en las aplicaciones de semejante sistema al manejo de herramientas remotas, a los sistemas de comunicación y como medios de entrenar a la gente en habilidades diversas. La otra mitad del más alto nivel es el nivel "artístico" y artificial; los dramas protagónicos —melodramas y películas de acción en las que el usuario puede entrar y participar— parecen ser el componente más importante de la investigación de Fujitsu en ese campo.

Fujitsu considera el arte de la RV como algo a lo que vale la pena prestar atención. Las tres áreas de aplicación a las que apuntan son entretenimiento (subtitulado como "herramientas basadas en la computadora para un montón de diversión [sic]"), CAD y educación. Cada una de estas áreas abarca un elemento humano clave sobre el cual Fujitsu se concentra ahora en sus propios laboratorios y en las investigaciones que patrocina en la Universidad Carnegie-Mellon en Pittsburgh y en otras partes. El sistema ciberespacial está diseñado como una colección incrementable de componentes interconectados que provendrán de esfuerzos de investigación y desarrollo convergente. El EyePhone, el DataGlove y la máquina fmTOWNS constituyen la parte del sistema de desarrollo actual que ve el usuario, el "frente". El "fondo", las poderosas computadoras y el software que funcionan detrás de los escenarios para mantener el nivel de realidad del mundo virtual, incluye una Pixel Machine, una supercomputadora gráfica optimizada para modelos tridimensionales rápidos, una estación de trabajo SUN, el DataGlove basado en la red neural al que se le puede enseñar el reconocimiento del gesto, un sistema de representación gráfica en tiempo real y un sistema de modelo del mundo. El usuario se coloca el guante y repite gestos claves hasta que la interfaz de la red neural vincula los gestos con órdenes específicas. Si le gusta pellizcar la nariz para volar en lugar de apuntar con el dedo, se puede entrenar la interfaz para que haga eso.

La máquina fmTOWNS parece estar diseñada como pórtico personal de entrada a un mundo virtual de software y servicios mucho más grande, que Fujitsu proyecta desarrollar en el futuro. El fondo en particular abarca varios ataques clave a los problemas conductores. La Pixel Machine se encargará de la representación en tiempo real, pero los detalles de la apariencia del mundo

virtual y de su comportamiento serán intervenidos por un sistema de modelo del mundo que también está conectado con el usuario por un "neurosimulador". El modelo del mundo del futuro incluirá el modelo físico estándar de hoy para el ambiente virtual y los objetos inanimados que haya en él. Para los personajes artificiales en el mundo virtual, un modelo estará formado por modelos normativos y de red neural para la conducta. Algo que llaman "Control de guión" estará comprendido también en ese extremo del fondo. En otras palabras, desean un mundo en el cual usted pueda caminar, que reaccione adecuadamente a usted y que presente una estructura narrativa para que usted pueda experimentarla.

Una de las descripciones que hizo el señor Murakami de lo que proyectaba Fujitsu comercializar para los adolescentes de todo el mundo en el próximo siglo fue el esbozo de dibujo animado de un joven descrito al principio de este capítulo. Este hipotético consumidor de entretenimientos del futuro parecía tener unos doce años, llevaba puesto un HMD futurista y un par de guantes futuristas conectados, con un televisor de aspecto común con dos tapas negras debajo del monitor. Un pensamiento esquemático emanaba de la cabeza del joven y le mostraba en un paisaje ferozmente primitivo. Enfrente del héroe, vestido con su armadura, se aproximaba Godzilla, emitiendo sonidos y haciendo gestos amenazadores. En las manos del usuario-jugador-actor-héroe del drama había una espada reluciente. Supuestamente, el módulo de Godzilla del modelo del mundo sabía sangrar y morir cuando lo tocaban en el lugar adecuado, y exhalar fuego cuando el actor-modelo bajaba la guardia. Y supuestamente el módulo del guión sería capaz de aprender que ese usuario quería más Godzillas para luchar con ellos que doncellas para rescatar, o prefería explorar el espacio cósmico para entrar en combate con míticas criaturas de video. Tal vez con un "edumódulo" adicional de Nintendo, el mismo mundo se convertirá en un rompecabezas geométrico o una simulación histórica de contenido educativo para que lo explore el usuario.

En la Universidad de Carnegie-Mellon (CMU), el informático Joseph Bates lleva a cabo trabajos para crear "personalidades" de personajes artificiales en el ciberespacio, basándose en gran parte en las ideas de Brenda Laurel y en el trabajo anterior del doctor Bates sobre inteligencia artificial. La Universidad de Carnegie-Mellon es uno de los bastiones en inteligencia artificial e investigación en robótica desde hace largo tiempo. La doctora Laurel es una colaboradora del proyecto. Bates sabe construir estructuras de representación del conocimiento en LISP; Laurel conoce las reglas de la interacción dramática. El nombre del proyecto de la CMU es "Proyecto OZ", y la principal financiación proviene de Fujitsu. Intercambié correo electrónico con el doctor Bates, ajustado al nivel actual de su proyecto, que sólo se puede mostrar como texto sobre una pantalla. Mientras que otros, como Zeltzer en el MIT, pasan por alto los problemas de contenido a fin de concentrarse en la forma del personaje virtual, Bates usa solamente el texto, un prototipo orientado al contenido, sobreentendiendo que la "inteligencia" del sistema que él y la doctora Laurel y

sus colegas de la CMU están creando se conectará finalmente con personajes animados en el espacio tridimensional. Y cómo actuarán y reaccionarán esos personajes se modela fácilmente y se prueba en el texto; y, como cualquiera que haya actuado en un juego de aventura de texto solamente puede atestiguar, puede entrar en juego una gran mímesis por interacción con una narrativa bien construida, aun en forma de palabras sobre una pantalla.

Ciertamente, una especie de fenómeno ciberespacial basado en el texto parece haberse abierto paso por todo el Internet. Dado que los nodos de Internet están conectados con canales de comunicación de datos de alta velocidad, miles de computadoras en todo el mundo están al alcance todos aquellos que tienen el santo y seña a su disposición. Si yo tengo el permiso de usar una computadora en Oslo para crear un pequeño modelo del mundo, puedo registrarme en un nodo de Internet en California, tipear en mi teclado el encantamiento adecuado y tener el fantástico conocimiento de que una luz está parpadeando sobre una computadora en Suecia, donde mi orden ha desencadenado una operación de acceso a disco. Puesto que ciertas áreas de la memoria pueden separarse a manera de un rompecabezas tridimensional, lleno de recintos y tesoros y personajes fantásticos y espadas, los usuarios de computadora siempre construyen juegos de aventuras en su interior. En la era del Internet, sin embargo, los ciberespacios de aventuras de última moda se conocen bajo el nombre de "MUD". MUD equivale a "dimensión de multiusuario". Un jugador se acopla a una computadora por medio de un paquete de conmutación y, desde esa computadora, usa el santo y seña correcto y los servicios de comunicación para llegar a una computadora que contenga un MUD.

Lo primero que hay que hacer cuando se accede a un MUD es encarnar, crear un personaje. Por lo general un mensaje de bienvenida le instruye de cómo debe hacerlo. Están los personajes invitados para aquéllos que sólo están vagabundeando por la red y controlando aquí y allá el MUD. Hay los MUD públicos abiertos a cualquiera con un modem o un acceso de santo y seña, y hay los MUD muy privados a los cuales se puede entrar o no según lo que decidan los "genios". Existen largos documentos que explican las costumbres y reglas, fuerzas y economías, topografías y mitologías de los diversos MUD. Muchos MUD son de construcción personal, y los recién llegados aprenden gradualmente a ganar el poder para construirse realmente nuevos espacios en el MUD. Los "genios", llamados a veces *fans* (aficionados), son los administradores del sistema que opera los programas de computadora que mantienen a los MUD. Los "robots", llamados a menudo "bots", son programas que hacen funcionar un MUD y proveen servicios. Los MUD son temas de grupos de noticias, grupos de correo, revistas y convenciones. Y cuando las gafas y los guantes y protocolos para la transmisión de presencia permitan saltar directamente a un MUD gráfico, habrá toda una población de miles de arquitectos/jugadores refinados. Mientras que en la Internet hay voluntarios con tiempo de computadora disponible que construyen ciberespacios desde el inicio, e investigadores en la CMU y Media Lab que buscan formas de interactuar con personajes ar-

tificiales, Fujitsu parece posicionarse para aprovechar los resultados de la investigación cuando éstos lleguen.

Fujitsu es dueña de Habitat, una especie de MUD en el cual los participantes ordenan las representaciones y dibujos animados de sí mismos e interactúan entre ellos con mensajes de texto en tiempo real. Parece que proyectan hacer converger sus telecomunicaciones, inmersión y tecnología de juegos en alguna parte en el futuro. Desde ya, los prototipos de hardware y software para un ciberespacio orientado a la fantasía se están montando en Kawasaki como un banco de pruebas para las diferentes partes del sistema de la realidad artificial, con el supuesto de que cuando los sistemas de hardware y software funcionen, aquéllos estarán listos para integrar los descubrimientos que Bates, Laurel y otros han efectuado en las teorías computacionales del drama. Esas teorías del drama deberían ser verificables mediante la construcción de la infraestructura dramática de un mundo de fantasía basado en las computadoras. Ya funcionan en la CMU sistemas sencillos, y están en proceso de desarrollo generaciones cada vez más inteligentes. Pasarán meses hasta que se consigan prototipos que funcionen, años para descubrir cómo hacerlos funcionar y más años para integrarlos con las tecnologías de entrada y salida. Considerando cuánto tiempo se ha tardado en desarrollar un cine tridimensional efectivo, la idea de películas tridimensionales que jueguen con nuestras acciones en tiempo real no pertenece a la categoría de cosas que podamos esperar que sucedan este año o el próximo. Si nos encontramos todos en el país cibernético de Oz dentro de 7, 17 o 27 años, sabremos si fue Fujitsu o Disney o alguien enteramente nuevo que tuvo éxito en la construcción de fantasías interactivas en el ciberespacio. Y entonces no importará, porque todos estaremos en otra parte, deglutidos por una combinación de mímesis y mesmerismo.

Tal vez debamos pensar adónde no lleva todo esto, antes de descubrir que hemos sido llevados a otro lado por el imperativo económico de la tecnología, así como fuimos barridos por la red comercial de televisión.

Lo último que oí acerca de la investigación de la RV en Japón fue seis meses después de mi visita a los laboratorios de investigación y desarrollo. Izumi Aizu me envió el siguiente mensaje por vía electrónica:

> *"En la edición del 10 de setiembre del* Japan Economic Journal *apareció un artículo sobre una comisión de estudios de la realidad virtual que organiza actualmente el MITI. El doctor Tachi, director de un departamento de MITI a cargo de la biorrobótica y profesor adjunto en la Universidad de Tokio, será el presidente de la comisión recientemente formada. El comité ejecutivo de la comisión de estudio estará formado por dos representantes de un anexo del MITI, uno de cada uno de los institutos de investigación de telecomunicaciones avanzadas (ATR) y del laboratorio de interfaz humana de la NTT, y profesores de varias universidades líderes de Japón. Uno de los jefes de departamento del MITI y el profesor Takemochi Ishi, de la Universidad de Tokio, formarán el comité asesor de la flamante comisión."*

"El grupo de estudio se reunirá mensualmente para compartir la información reunida sobre proyectos internacionales de realidad virtual y para mantener abiertas las líneas de comunicación con los investigadores de ultramar. Por una contribución anual de 300.000 yen, cualquiera puede ser miembro del grupo. Aunque no hay planes para diseñar y desarrollar equipos y software de realidad virtual en esa etapa, la formación de la comisión de estudio afiliada al MITI es índice del creciente interés por la realidad virtual en Japón.

"La primera reunión del grupo de estudio se realizará el 19 de octubre de 1990. La sesión se abrirá con un discurso de apertura titulado 'El impacto social de la realidad virtual' a cargo del profesor Ishi, seguido por una presentación sobre el presente y el futuro de la realidad virtual. El señor Tachi y diversos miembros del comité ejecutivo conducirán luego un panel de debates. La reunión concluirá con una fiesta. Sin cargo para los miembros, los no afiliados pagarán 50.000 yen para asistir a ese evento de medio día."

Desde los telemicrorrobots hasta "Aristóteles en un chip", el futuro del esfuerzo de RV en Japón podría tener profundas consecuencias sobre la tasa y la escala de crecimiento de la industria de la RV en todo el mundo. Si los dispositivos y las redes de RV pudieran instalarse a gran escala, el ciberespacio podría llegar a ser algo más que un mero juguete para aquellos que pueden pagarse el acceso a la última alta tecnología. Pero el resto del mundo haría bien en formularles a los vendedores de la realidad japoneses la misma pregunta que yo planteé: ¿formará parte la realidad de lo que la industria de las comunicaciones llama un sistema abierto? ¿Podrán los ciudadanos y las compañías competidoras comercializar las realidades fuera de la red, intercambiar, canjear y comprar objetos y mundos y puntos de vista? En otras palabras, ¿habrá un mercado de la realidad? ¿O habrá un monopolio *de facto* dentro de las limitaciones impuestas a las realidades accesibles de un mercado masivo, en el cual todos se verán obligados a comprar una realidad marca Sony o Fujitsu?

Las maravillosas ilusiones que yo vi y oí en Mountain View y Tsukuba y Chapel Hill no son todo lo que hay en la realidad virtual, según he descubierto. Ver es creer, y oír algo que sincronice con lo que uno ve es aún mejor, pero sentir algo con las manos implica o entraña un *saber* visceral, profundo, que se asocia normalmente sólo con las realidades de "roca sólida". Tomé el gusto por la realimentación de fuerza reflejada en la UNC y en el laboratorio del doctor Iwata en Tsukuba. En Cambridge, Massachusetts, sin embargo, fui atrapado por la poderosa ilusión de la textura. En Cranfield, Inglaterra, puse las manos en el primer peldaño que conduce a un dispositivo capaz de transmitir la impresión de asir algo y cómo se aprecia desde el punto de vista de uno. Y en Grenoble, Francia, toqué un violín virtual con un arco virtual. La sensación de las cosas por venir.

14

Sentir las cosas

"El tacto es el sentido más antiguo y el más apremiante. Si un tigre dientes de sable le toca con la garra el hombro, uno tiene que saberlo enseguida. Cualquier primer contacto, o cambio de tacto (que pasa de suave a punzante, por ejemplo), envía al cerebro una ráfaga de actividad... Cuando tocamos algo a propósito —nuestra amante, el guardabarros de un coche nuevo, la lengua de un pingüino— ponemos en movimiento nuestra compleja trama de receptores del tacto, y los estimula al exponerlos a una sensación, al cambiarlos y al exponerlos a otra. El cerebro lee los estímulos y los frenos como el código Morse y registra: liso, áspero, frío.

"Las investigaciones indican que, si bien hay cuatro tipos principales de receptores, hay muchos otros, junto con un amplio espectro de respuestas. Después de todo, nuestra paleta de sensaciones por el tacto es más elaborado que para sentir sólo calor, frío, dolor y presión. Muchos receptores del tacto se combinan para producir lo que llamamos una punzada. Considere todas las variedades de dolor, irritación, abrasión; todas las texturas de lamer, acariciar, jugar, mimar, amasar; todas la picazones, los escozores, magulladuras, cepillados; las acciones de rascarse, golpearse, tantear, besar, dar empellones. Poner tiza en las manos antes de agarrarse a unas paralelas asimétricas. Una zambullida en un estanque helado, en un día de verano, cuando la temperatura del aire y la del cuerpo son las mismas, la sensación que producen los insectos que delicadamente lamen las gotas de humedad de su tobillo. Meterse a ciegas en una jofaina de gelatina como parte de la iniciación de un club. Sacar el pie del barro, el escurrimiento de arena húmeda entre los dedos del pie. Aplastar un pastel de crema. La caravana casi orgásmica de placer, estremecimiento, dolor y alivio que produce una rascada de espalda..."

DIANE ACKERMAN
Una historia natural
de los sentidos, 1990

"¿Qué sensación produce?" Margaret Minsky estaba sentada delante de su *workstation* en el Pozo de Víboras. Yo estaba sentado al lado de ella con la mano sobre un pequeño joystick que se parecía a un dispositivo de control para un juego de video. Piense en un palillo chino de metal con una pelota de ping-pong arriba, como una palanca de cambio de un automóvil. La base del palillo chino sale de la etapa de una caja de zapatos metálica, y la caja está enchufada a la computadora. Como el ARM, el artefacto empuja hacia atrás. Yo hice girar el joystick. Pude moverlo hacia adelante, hacia atrás, hacia un lado, "desplazarlo", "girarlo". La varilla resbaló fácilmente en algunas direcciones, se resistió firmemente en otras y, a veces, la fuerte resistencia se aflojaba de pronto como si se suprimiera algún obstáculo del camino.

Yo informé: "Está resbaladizo, hay trozos duros sueltos de algo bastante liviano".

"Eso es hielo virtual en un cubo virtual." Ella ajustó el control de una corredera en la pantalla: "Y esto es hielo virtual y melaza". Yo sentí la melaza al instante en la mano. Siempre recordaré eso como un momento especialmente extraño en mi historia personal de la realidad.

Removí el joystick en una sustancia virtual que de pronto se había vuelto viscosa además de producir la sensación de empujar una multitud de objetos lisos, irregulares, rígidos, apiñados en un contenedor. Era difícil pensar en una sustancia invisible en el otro extremo del joystick como algo que no fuera hielo introducido en melaza. *Dónde* estaba el extremo del joystick, era una pregunta que siguió golpeando en mi conciencia como alguien que golpeara en la puerta pidiendo permiso para entrar. Si yo prestaba atención a la "la caja de zapatos" del aparato, lo sentía en realidad como un recipiente con cubos de hielo, colocado directamente bajo el eje del joystick. Cuando traté de mover el eje, el joystick se resistió y se resbaló con el mismo grado de fuerza en la precisa relación con mis propias acciones, como para dar la impresión de que yo movía el objeto físico mediante una sustancia física.

"Esto es papel de lija", anunció Minsky convocando en su pantalla un retazo de textura negra y blanca que, en efecto, se parecía a un primer plano de televisión de un trozo de papel de lija. Acerqué mi silla al monitor; ella movió el joystick delante de mí. Cuando yo empujé el joystick, el pulsor cruzó el trozo de textura en la pantalla. Al mismo tiempo, un patrón de microfuerzas levemente vibratorias, sentido por la punta de los dedos y los huesos de la muñeca a través del joystick, me produjeron la fuerte impresión de que el joystick en realidad era un lápiz, y el extremo del lápiz estaba raspando un trozo de papel de lija. Pude sentir ese papel de lija en el extremo del joystick, del mismo modo en que uno siente un verdadero papel de lija en el otro extremo de un lápiz físico, o un tornillo en el extremo de un destornillador.

"Dónde está ubicado un objeto virtual en un espacio físico" es una pregunta casi filosófica que se vuelve inquietantemente concreta cuando uno agarra literalmente algo con la mano. La cuestión de la ubicación del objeto virtual se agudiza más. Yo pude mirar la pantalla y observar cómo se movía el

cursor a través de la simulación bidimensional en blanco y negro del papel de lija. Al observar el cursor noté que la ubicación aparente del papel de lija virtual se acercaba a la superficie de la pantalla. Si yo volvía mi atención visual hacia la "caja de zapatos", podía convencerme de nuevo de que el extremo del joystick estaba allí en la caja, no en el cursor en la pantalla; pero si raspaba mi lápiz virtual sobre el retazo de patrón en la pantalla otra vez, el origen aparente del estímulo volvía a la pantalla. Las ubicaciones son más inestables en el ciberespacio. En cierto modo, las ilusiones hápticas como las que mostraba Margaret Minsky sacudieron mi sentido de la realidad mucho más que los mundos visuales de dibujos animados que había explorado. Esa sensación de tomar contacto con algo sólido, con textura reconocible, combinada con algo tan primario visualmente como un display bidimensional plano en blanco y negro, perturbó esa parte mía que suponía hasta ese momento que, cuando yo sentía algo con la punta de los dedos, era mejor que lo creyera.

Minsky me mostró cómo se podían alterar los diferentes parámetros en los modelos de simulación de textura por computadora y cambiar de ese modo el retazo de prueba de textura que aparecía en la pantalla, alterando al mismo tiempo el modo en que reaccionaba el joystick cuando yo trataba de mover el cursor. Había varios grados de papel de lija. Asimismo había varias descripciones suavemente sombreadas en blanco y negro de lo que parecían sucesiones de cilindros metálicos que estaban acomodados claramente en la pantalla. Se tenía la sensación de hacer pasar un lápiz sobre una serie de tubos metálicos pulidos dispuestos unos junto a otros como tubos de órgano. Incluso había una opción fractal: yo podía afinar los parámetros y crear en la pantalla un modelo irregular que se pareciera a un primer plano de un trozo de granito. El modelo matemático de la irregularidad natural parecía tan realista que resultaba fantasmagórico: yo hubiera jurado que trataba de escribir mi nombre sobre una roca. Minsky sonrió. Ella sabía que la demostración era el punto por donde había que empezar. Después que uno remueve los cubitos de hielo virtuales en la melaza con una mano y escribe sobre una roca simulada, la parte teórica de la presentación parece menos académica y más espectacular.

"Pozo de Víboras" es el nombre informal del Laboratorio de Computación Gráfica en el sótano del Laboratorio de Medios en el MIT, Cambridge, Massachusetts, el lugar que hizo de "demuestra o muere" un tópico de la informática. Serpientes de tela verde, de tres metros de largo, que eran el tótem de los medios del laboratorio, estaban entretejidas con manojos de cables de la red de comunicación, que colgaban en desorden del techo. Mientras hablábamos, yo sostenía una mano sobre el joystick, y con la otra indicaba a la computadora que cambiara mis sensaciones pasándolas del papel de lija a la melaza y viceversa. Eran garabatos táctiles. El modo en que las ideas de Margaret Minsky simulaban texturas era casi hipnótico y producía un sentido profundo, mientras que yo procuraba firmar con mi nombre en un trozo de vidrio virtual.

La perdí de vista por unas pocas semanas cuando visité Chapel Hill. Ella había vuelto a Cambridge a fin de terminar de escribir su tesis de doctorado

sobre la investigación que había dirigido en la UNC. Jaron Lanier me contó hace años que ella había sido una de las primeras personas en apoyar los esfuerzos realizados por él para usar un guante como lenguaje de programación visual. Y yo había visto su presentación en SIGGRAPH 1989, incluso aquel video de un paseo arquitectónico sumamente realista en Sitterson Hall, experiencia que tuve directamente en la UNC. De modo que le envié a Margaret Minsky una carta electrónica antes de salir de gira y ella me dijo que fuera por allí para probar el "papel de lija virtual". No tuve dudas, después de la breve demostración, de que ella estaba tras algo. El problema del modo en que uno adapta la tecnología del joystick a la percepción de los mundos virtuales con las manos de una manera útil es un problema de ingeniería y un problema arduo. Pero la técnica se basa en ciencia sólida, y a veces los científicos obligan a los ingenieros a resolver problemas arduos a fin de construir instrumentos para extender el conocimiento científico. Margaret Minsky estaba usando un dispositivo ingeniosamente estudiado para sondear los problemas científicos medulares vinculados con la simulación de la sensación de la realidad.

Ella entró en el campo de la RV y en el reino de la realimentación háptica desde varias direcciones interesantes al mismo tiempo. Había crecido entre terminales de computadora y programadores en el centro exacto del mundo informático, porque su padre es Marvin Minsky, uno de los fundadores de la rama de informática conocida como "inteligencia artificial" (IA). Sus consejeros de doctorado eran Nicholas Negroponte y Frederick Brooks, dos de los decanos de la informática contemporánea. Margaret es una científica informática, pero es de la generación de Atari más que de la generación de las "mainframes", y no fueron los intereses militares ni de negocios, sino los juegos, sus primeros problemas conductores. En verdad, sus primeros colaboradores en el reino de los joysticks fueron jóvenes inventores y programadores del Laboratorio de Cambridge de Atari, a principios de los años 80. Y el joystick para la percepción de la textura, que yo sostenía en la mano como un bolígrafo, a diferencia del equipamiento de la UNC, se remontaba no a los manipuladores remotos para manejar materiales radiactivos, sino al volante de fuerza reflejante de Conducción Ardua (Hard Driving), el videojuego de conducción simulada comercial de Atari.

—¿Quiere jugar a la Conducción Ardua? —preguntó Margaret después de haberme mostrado sus presentaciones principales—. Ese juego y mi investigación tienen algunas cosas en común —agregó, cuando nos fuimos del laboratorio de los medios con algunas personas del Pozo de Víboras. Atari había donado un juego al Boston Computer Museum, y después de una llamada telefónica de Margaret, aceptaron abrir la parte del museo que estaba cerrada ese día para permitirnos hacer alguna práctica. Charlamos acerca de la genealogía de los joysticks en nuestro viaje a través de Charles River. Era el principio del otoño; el aire reverberaba todavía y estaba tibio, pero los árboles se teñían de rojo y oro. El Boston Computer Museum está ubicado muy cerca del sitio en que se realizó la Fiesta del Té.

Margaret había elegido la sensación de la textura como primer problema conductor en su búsqueda de la tangibilidad virtual. "No pensé que la forma fuera un buen punto de partida —explicó ella—. Es un complejo de propiedades de volumen y superficie que no son fáciles de separar: propiedades como la textura, la elasticidad y la viscosidad."

El primer encuentro de Margaret con los joysticks que reaccionan fue a principios de los años 80. Al mismo tiempo que otros infonautas soñaban con los distantes años 90 en el laboratorio de Atari en California, Atari estuvo financiando otro pequeño laboratorio de investigaciones en Cambridge, Massachusetts. Max Behensky, a quien Minsky conoció desde el MIT, trabajaba con un consultor llamado Doug Milliken para construir un joystick de dos grados de libertad, con motores de fuerza reflejante conectados al joystick mediante engranajes. Margaret estaba por allí cuando Behensky y Milliken conectaron su primer modelo, que funcionaba con una poderosa estación de trabajo de grafismo computerizada. "Una de las lecciones suministradas por el primer modelo fue la de que era estimulante sentir fuerzas continuas como la inercia y la viscosidad." Esa sensación de exaltación era la meta de Behensky y Milliken. El laboratorio de Atari procuraba desarrollar un juego de video que sacara dinero de los bolsillos de la gente proporcionándoles un simulador de automóvil hondamente estimulante, con un volante que respondiera del mismo modo que lo hace un volante real. Les tomó años lograr un producto fabricable, pero cuando lo hicieron, la "ardua conducción" se convirtió en un gran acierto para Atari.

Minsky y yo dimos vueltas por el Boston Computer Museum conversando acerca de los displays de antigüedades cibernéticas como Altairs y Altos, después de turnarnos al volante. Yo estaba ocupando el asiento del conductor, con un volante estándar, palanca de cambios y pedales. La pantalla de gran angular y el sonido de alta fidelidad crean la pobre ilusión de videojuego de estar mirando a través del parabrisas de un vehículo que se desplaza por un paisaje de dibujos animados. No era tan tridimensional y no daba la impresión de inmersión como Sensorama, pero el volante era convincente. Casi poder sentir el asfalto en el camino al maniobrar el volante es el motivo de la popularidad del juego. El modo en que un automóvil físico reacciona a los diferentes movimientos, a distintas velocidades y en caminos diversos, es simulado y transmitido con una verosimilitud asombrosa mediante el volante reflejante de la fuera.

Cuando Margaret Minsky se incorporó al laboratorio de los medios como licenciada, trabajó con otros en el Vivarium de Alan Kay, un proyecto de investigación a largo plazo que implicaba la construcción de criaturas artificiales con las que pudieran experimentar los niños. Minsky quería construir un joystick que ayudara a los niños a experimentar con el punto de vista de las criaturas artificiales. De modo que pidió a sus antiguos amigos de Atari que confeccionaran un dispositivo con el diseño básico del primer joystick de ellos. Margaret recordaba que una licenciada llamada Megan Smith proyectó una

versión que usaba motores y frenos al mismo tiempo. A Minsky y a Smith se les unió otro ingeniero mecánico, Massimo Russo, y juntos construyeron un prototipo de tres grados de libertad. En aquel momento —era a finales de los años 80— se empezó a saber del trabajo de Ming Ouh-Young en la UNC. "Frederick Brooks siempre fue un líder en investigación háptica —dijo Minsky—. Batter y Brooks usaron su joystick de dos grados de libertad en 1972 para verificar si los estudiantes de física podrían usarlos para percibir los campos simples, una verdadera investigación que marca una época." Y luego vino al ARM. De modo que Margaret Minsky se mudó a Chapel Hill por un tiempo y formó equipo con Oliver Steele, un estudiante de la UNC, para elaborar un software de simulación de textura para el joystick 3-DOF.

¿Cómo fingir solidez o suavidad con suficiente precisión para sentirlo con los dedos? La clave que lleva al grafismo tridimensional reside en ciertos trucos que se han descubierto durante años de investigación del aparato de visualización —el empleo del sombreado para similar fuentes de luz, imágenes estereográficas para simular paralaje binocular, rastreo de la cabeza para simular paralaje de movimiento—, pero Minsky y sus colegas no tenían décadas de investigación de ilusiones hápticas que los guiaran, como los ilusionistas visuales. Por esa razón, una de las metas para su proyecto de doctorado no era solamente demostrar un método para simular una textura, sino crear un banco de trabajo personal basado en una computadora para que los psicólogos perceptuales estudiaran las bases de la percepción háptica.

La manera en la que el equipo de la UNC simulaba la textura aprovecha la ilusión háptica que se puede simular como un experimento del pensamiento. Usted necesitará un lápiz y una superficie rugosa, como un trozo de papel arrugado o el borde de un mazo de naipes. Haga correr el lápiz sobre las rugosidades y concéntrese en la sensación que percibe en la punta de los dedos. Ahora imagínese una sección transversal esquemática muy ampliada de una superficie rugosa, que se puede describir como una serie de "protuberancias", "colinas" y "valles". Ahora imagínese cómo el lápiz parece resistirse a sus esfuerzos de empujar contra el borde anterior de una aspereza, la parte en que la punta del lápiz trepa sobre la colina en su diagrama esquemático mental. Cuando el lápiz llega a la cima de una aspereza colina, hay un momento de equilibrio y luego la resistencia parece declinar rápidamente a medida que la punta del lápiz se desliza hacia el valle, antes de aterrizar entre esta aspereza y la siguiente.

Una técnica para simular la textura consistiría en simular la forma en que la punta de una sonda cambia al resistirse a los movimientos de un dedo a medida que sube por una superficie formada por —en honor a la simplicidad— salientes y valles de diversas medidas y pendientes. Los salientes y los valles se pueden describir gráficamente. Piense en una sinusoide regular, nuevamente en honor a la simplicidad, que serpentea de izquierda a derecha de su pizarrón mental. Ahora imagine una línea recta trazada horizontalmente sobre la línea ondulada que describe las colinas. Si usted quisiera trazar rectas vertica-

les desde diferentes puntos de la horizontal, podría imaginar que cada una de esas verticales representaría la cantidad de fuerza ejercida por un resorte virtual en esa posición, que resistiría fuertemente a medida que el lápiz trepara por el saliente o resistiría muy poco a medida que se deslizara hacia un valle. Si el movimiento de la punta del lápiz puede ser modelado en una computadora, y la sección transversal de la textura puede ser modelada, entonces la salida de ese modelo podría determinar la potencia que habría que suministrar a los diminutos motores que empujarían hacia atrás el joystick.

Lo interesante acerca de los motores usados para producir fuerzas que simulen la acción de los resortes es que las acciones de los resortes pueden describirse matemáticamente. En efecto, las propiedades de cualquier sistema físico en movimiento pueden ser simuladas, en principio, por la combinación de tres clases diferentes de objetos ideales: resortes, amortiguadores y masas. Por lo tanto, la información sobre la posición local, generada por el joystick, combinada con la información acerca de la ubicación en el modelo del mundo, se puede incorporar a una ecuación que cree la sensación de los resortes virtuales.

Cuando volvimos del museo de las computadoras al laboratorio, Minsky me hizo sentir lo que había explicado acerca de resortes, amortiguadores y masas. Usé otra vez el joystick y esta vez la simulación me dio la sensación de que movía una palanca que tenía un peso fijado al extremo del resorte. Tenía una fuerte sensación de un peso virtual que daba vueltas en el aire. Luego descubrí que podía cambiar la masa del peso que volaba o transformar incluso el aire en el cual volaba, en agua, o algo más espeso. Ajustando los controles del "cursor" en la pantalla, pude ensayar juntos los resortes, los amortiguadores y las masas y lograr la sensación de cómo las texturas podían ser imitadas con mucha aproximación creando las mezclas correctas de esas fuerzas ideales. Podía jugar con las fuerzas de amortiguación y sentir la punta de la sonda moverse en un fluido cada vez más viscoso. La diferencia entre melaza y hielo, ladrillos sobre una pendiente suave y ladrillos sobre un declive rugoso, un lazo y un resorte que trata de mover su mano, es simplemente un asunto de la "receta" que uno elija.

La simulación de los resortes, amortiguadores y masas virtuales —enfoque que desarrolló paralelamente un grupo en Grenoble, Francia— podía terminar en una pista falsa en la búsqueda de simulación háptica realista, o podría ser la Piedra de Rosetta de las ilusiones hápticas. Margaret Minsky y sus colegas advirtieron algo más fuera de la relación entre las fuerzas ideales y los elementos de las ilusiones textuales hápticas: como han sugerido los investigadores de la percepción táctil, la gente reconoce los objetos con la punta de los dedos realizando una serie de acciones estereotipadas. Así como calibramos inconscientemente la distancia y la profundidad de un estímulo visual moviendo la cabeza y los ojos para verlo desde ángulos diferentes, determinamos la sensación de la superficie de un objeto frotando las manos hacia atrás y hacia adelante contra esa superficie, o movemos un transductor como un lápiz o

un joystick hacia atrás y hacia adelante cruzando la superficie virtual. Una percepción háptica como la visión no es un proceso puramente pasivo, sino que implica una exploración activa.

El componente táctil de la percepción háptica —percepciones de nivel superficial de energía relativamente baja, concentradas en las puntas de los dedos— es tema de otra convergencia de intereses. Así como hay investigadores en arquitecturas computadas en paralelo que buscan el problema correcto de procesamiento, y gráficos tridimensionales que buscan la tecnología para sentir una posición, yo estaba seguro de que había robóticos que pensaban en la percepción táctil desde el punto de vista de la máquina. Conocí a uno, meses después de que Margaret Minsky me indujera a pensar en el futuro de la virtualidad de la punta de los dedos. M. A. Srinivasan y yo pasamos cinco días en una reunión científica en Santa Barbara, California, junto con varias docenas de otros colegas improbables, que estaban descubriendo que la realidad virtual era el sitio en que la óptica converge con la robótica, la ciencia cognitiva desciende hasta reunirse con la ingeniería biomecánica, los programadores de grafismo computerizado coinciden con teóricos de control, y los laboratorios Bell se encuentran con Disney y Lucasfilms. Srinivasan, que se había orientado hacia la biomecánica y la rehabilitación humana en el Laboratorio Neuman del MIT, ilustró al resto de nosotros sobre los principios de la percepción táctil. Traje a mi casa algunos de sus separatas y descubrí que su informe "Sensación táctil en humanos y en robots" ofrece una descripción compacta, sólo levemente técnica, casi poética del flujo de información referente al tacto superficial:

> *"La percepción táctil humana es la culminación de una serie de sucesos. Cuando la sumisa piel se pone en contacto con un objeto, su superficie se adapta a la superficie del objeto dentro de las zonas de contacto. Las distorsiones asociadas dentro de la piel y de sus sustratos hacen que los terminales nerviosos mecanosensitivos involucrados reaccionen con impulsos eléctricos. Mientras que cada impulso es casi idéntico a otro (de una magnitud 50 a 100 milivoltios, alrededor de 1 milisegundo de duración), la frecuencia de los impulsos (hasta un máximo de 500/s) emitidos por cada mecanorreceptor depende principalmente de la intensidad de la combinación particular de esfuerzos y fatigas en la vecindad local del receptor al cual es sensible. Puesto que estos campos de esfuerzos y fatigas dentro de la piel dependen directamente del estímulo mecánico en la superficie de la piel, la reacción de la población de receptores representa un código espaciotemporal para el estímulo aplicado. Ese código es conducido por las fibras nerviosas periféricas a la red de neuronas en el sistema nervioso central, donde un procesamiento apropiado nos habilita para inferir las características superficiales de los objetos en las áreas de contacto, y determinar el tipo de contacto solamente mediante el tacto."*

En otras palabras, los sensores de presión incrustados en la piel tocan una sola nota, pero cada sensor puede tocar esa misma nota una y otra vez, muy rápidamente bajo el fuerte contacto o con menos frecuencia bajo una presión más suave. (Puede producirse el acostumbramiento, en cuyo caso el sensor dejará de reaccionar después de que un estímulo haya permanecido largo rato, motivo por el cual uno no siente sus zapatos a menos que aprieten demasiado o que uno piense en ellos.) Procesadores de nivel más alto consideran las diferencias de estimulación en las áreas adyacentes de la piel y obtienen información de movimiento acerca de los estímulos. Un hecho técnico en la aseveración de Srinivasan contiene una clave importante para la investigación háptica. Una de las personas que conozco y respeto de la comunidad de la investigación robótica observó, cuando mencioné la RV táctil, que cualquier sistema de display táctil tendrá que alcanzar una frecuencia de unos 500 ciclos por segundo a fin de ponerse a la par de la agudeza táctil humana. A los robóticos les gustaría tener manos mecánicas capaces de sentir las características de la superficie de los materiales. Aun si uno pudiera crear miles de vibradores minúsculos por centímetro cuadrado de piel, cada uno vibrando a velocidades de hasta 500 ciclos por segundo, todos esos ciclos y todos esos sensores que enviaran datos de vuelta a la máquina de la realidad sumarían un problema computacional monstruoso. Cuando hablé de los niveles sensitivos táctiles superiores de las yemas de los dedos —la capacidad normal humana de discriminar entre trama y lisura sosteniendo un trozo de papel entre el pulgar y el índice, por ejemplo—, él mencionó que los humanos pueden detectar rasgos sorprendentemente pequeños en las superficies lisas. Lo que nosotros llamamos "tersura" es una especie de filtro de señales biológico aplicado a una red de receptores exquisitamente afinados.

Nosotros aprendemos acerca del mundo y creamos una base de datos interna que sirve como patrón de calibración para los modelos de impulsos recibidos de nuestros sensores periféricos. El código de sí/no de las señales mecanorreceptoras que funcionan al contacto de un vidrio enjabonado o un trozo de corteza de árbol se coteja por el conocimiento contenido en la base de datos de nuestra experiencia. Como me explicó Srinivasan, la forma en que los mecanorreceptores y los sistemas nerviosos funcionan en conjunto para detectar cualidades tales como el "resbalamiento" sobre una superficie, ofrecen pistas para determinar cómo están asociados los "microrrasgos" de las superficies con los códigos neurales almacenados. Una vez más, pensar en el mecanismo del funcionamiento de la RV nos obliga a pensar en el funcionamiento de los humanos: una compleja comparación del conocimiento del mundo y del muestreo de la realidad en tiempo real nos permiten cerrar los ojos, extender la mano y determinar si el guardabarros del automóvil está limpio o cubierto de polvo. Parte de esa percepción está aquí y ahora, y refleja un análisis preciso de lo que hacen en ese momento los sensores de las yemas de los dedos. Parte es abstracta y funciona como memoria almacenada de encuentros anteriores con las texturas del mundo.

La percepción háptica —la sensación de la realidad— es otro de esos laberintos de investigación y filosofía que puede engullirnos si nos apartamos del camino principal de la RV. Está claro que los neurólogos así como los robóticos y los investigadores de la RV deben estar pensando en los temas relacionados con el modo en que los humanos efectúan la transducción y procesan la información táctil. Antes de que los dispositivos de Minsky y otros evolucionen hasta transformarse en máquinas de ilusión háptica creíbles, o, alternativamente, antes de que un enfoque enteramente diferente emerja de la simulación háptica desde un grupo diferente, debe reunirse y convalidarse todo un conjunto de conocimientos de los "factores humanos" mediante experimentos cuidadosos. Minsky me dirigió a K. O. Johnson, del Departamento de Ingeniería Biomédica de Neurociencia de la Universidad Johns Hopkins. Cuando hablé con Johnson, me hizo recordar que hay una diferencia entre tener una comprensión minuciosa de los mecanismos de percepción humana y conocer lo suficiente para engañar a esos mecanismos. Así como los "cuadros" son medios para codificar visualmente información y crear una especie de ilusión de profundidad e iluminación, los mecanismos tales como los joysticks reflejantes de la fuerza ayudan a crear lo que Johnson llama "cuadros táctiles". Las ilusiones táctiles vienen de un conocimiento básico de cómo engañar a los mecanorreceptores.

Durante una conversación telefónica me dijo: "Para recrear una realidad virtual táctil de alta fidelidad, no se necesita tanto conocimiento sobre el funcionamiento del cerebro, sino que hace falta conocimiento sobre el modo de hacer una representación creíble. Si la tecnología no fuera un problema, y hubiera un modo de hacer vibrar y marcar la piel según patrones precisos, la representación táctil podría tener una gran calidad". Como me previno mi amigo robótico, son las especificaciones las que hacen la tarea técnica más decisiva que la teoría científica. Los receptores de la punta de los dedos, como me recordó Johnson, pueden detectar protuberancias tan pequeñas como la 1 milímetro y vibraciones hasta de 500 ciclos por segundo. El componente móvil de una depresión en la piel —el modo en que se perciben los objetos cuando frotamos con nuestros dedos la superficie— nos da una información acerca de los detalles de la superficie de dicho objeto. "El modo en que un destornillador nos da una imagen de lo que hay en el otro extremo" es la forma en que lo describió Johnson.

—El problema consiste en que actualmente no hay ningún dispositivo de salida que se acerque a esas especificaciones —explicó él. Los dispositivos de entrada son menos problemáticos, aun los groseros guantes de hoy dan una información relativamente precisa acerca de las posiciones y movimientos de los dedos. Pero crear un guante o una agarradera o un joystick que devuelva información háptica dinámica al operador es, según lo sugirió Johnson, una tarea equivalente a la invención del teléfono. Del mismo modo que Alexander Graham Bell y otros necesitaron comprender lo suficiente sobre el oído humano para crear un mecanismo que transfiriera la codificación espaciotemporal de las ondas sonoras, los futuros ingenieros tendrán que construir un codi-

ficador/decodificador perceptual para las sensaciones táctiles, que podría estar incrustado en un guante. Podrían estar incluidos chorros de aire o diminutos globos, o series de celdillas piezoeléctricas flexibles ultraminiaturizadas. Conocí en California a un hombre que confeccionaba series de sonadores para la punta de los dedos, del tamaño de la punta de los bolígrafos, de aleaciones especiales que cambiaban de forma al ser estimulados eléctricamente. Uno de esos dispositivos podría funcionar, o podría usarse un material o una tecnología que todavía no existiera.

El potencial de la percepción háptica es verdadero, pero es demasiado temprano para decir si veremos pronto una tecnología para explotarla plenamente. Podríamos quedarnos limitados a sentir las cosas a distancia, mediante joysticks u otros dispositivos manuales. O la realimentación táctil podría extenderse al cuerpo entero. Una de las implicaciones más provocativas de la realimentación táctil corporal se estudia en el último capítulo, en la sección de "teledildónica". Sin embargo, está claro que el agregado de una realimentación háptica en tiempo real, aunque sea limitada, mediante un dispositivo que se agarre o se sienta con la punta de los dedos o con la palma de la mano, con un display gráfico tridimensional, sirve para aumentar la sensación de realidad, sobre todo cuando se combina también con representaciones auditivas. Ver cómo esas moléculas encajaban visualmente, sentir sus fuerzas atómicas en la punta de los dedos, y oír los golpes cuando chocaban, todo eso funcionaba creando la fuerte convicción de que yo trataba con algo real. Yo no tenía dudas acerca de qué era ese algo. Era el término "real" de mi léxico lo que empezaba a cambiar.

Títeres, prótesis y demás

"En verdad, las sucesiones de pinchazos u otros gradientes mecánicos en la superficie de la piel pueden llegar a significar cualquier cosa que usted quiera que signifique; el único límite lo pone la inventiva de la codificación. Una variedad prácticamente infinita de modelos cutáneos, que representan disposiciones particulares de variantes espaciales de intensidad y temporales, proporciona una gran multitud de símbolos sensorios que pueden ser codificados. Los esquimales norteamericanos dan la bienvenida a los extranjeros con un golpe de puño en el hombro. Los polinesios se frotan las espaldas al saludarse, mientras que los isleños de Andamán en el golfo de Bengala, soplan en la mano del otro como si dijeran que 'partir es una pena tan dulce'. Las discriminaciones cutáneas de tamaño, forma, lugar, intensidad o duración pueden llegar a decir esas cosas o dar información meteorológica o proporcionar detalles sobre el comercio en la Bolsa de Valores o suministrar datos importantes sobre cómo apuntar cañones o prospección de uranio."

FRANK GELDARD
Adventures in Tactile Literacy, 1957

Hace un año, yo estaba convencido a medias de que los ciberespacios en los que se puede experimentar la sensación de arrojar un ladrillo o exprimir un limón, no serían factibles probablemente por 20 o 30 años más. Hace un mes, vi y sentí algo que sacudió mi certidumbre. Cuando probé el primer prototipo de un guante táctil neumático en el garaje del inventor Jim Hennequin, en Cranfield, a una hora de auto hacia el sudoeste de Londres, empecé a sospechar que la realimentación táctil de alta resolución podría no estar tan lejos en el futuro. La edad de las sensaciones, como lo predijera Aldous Huxley, podría venirse encima sin que nos percatemos de ello.

Después de sobrevivir al artificio dermatoesquelético con el que encerré mi mano de un modo algo incómodo en Tsukuba, del joystick táctil que manejé a modo de palillo en un cubo en el Laboratorio de los Medios, de los zumbadores en los dedos que probé en el taller de Emeryville, California (descrito en un capítulo posterior), y del brazo de realimentación de fuerzas con la ominosa llave "hombre muerto" que toqué en Chapel Hill, resultó inmediatamente evidente la elegancia del concepto de Hennequin. Puse la mano en el guante. Intercalados entre las capas del guante estaban dispuestas estratégicamente las vejigas de aire que se inflaban y desinflaban con rapidez. El inventor pretende que el tamaño, ubicación y presión de las diminutas vejigas de aire sean las variables críticas necesarias para crear ilusiones táctiles. Inflando las vejigas correctas en el guante hasta la presión necesaria, Hennequin espera poder reproducir la sensación de asir un objeto y de reconocer su forma.

Tenga presente que éste no es el mismo guante computerizado que hasta ahora dominó nuestra historia de la RV, aunque la meta final consiste en combinar un guante táctil con un guante de sensación gestual. El DataGlove y el PowerGlove son dispositivos de *entrada* a la computadora que le dicen lo que hace el ser humano. El guante que Hennequin y otros tratan de construir es un dispositivo de *salida* que puede transmitir información desde la computadora al hombre mediante el sentido del tacto.

"Yo quiero almacenar en la computadora la sensación de sostener una taza de té y quiero que usted la reconozca como una taza cuando se ponga el guante y yo repita la acción", explicó Hennequin. Probé el guante la segunda vez que nos encontramos, la misma tarde en que todos los sistemas estaban conectados por primera vez. Supongo que él había logrado finalmente hacerlo funcionar trabajando en las horas del alba y la mía era realmente la primera demostración después de que el inventor se hubiera asegurado de que no se iba a poner en ridículo. Estaba tan próximo a la fuente como yo podía imaginármelo, se trataba de tecnología en bruto. Hennequin infló y desinfló partes del guante y yo podía sentir diferentes presiones que, en combinaciones correctas, podían plausiblemente empezar a semejar bordes o superficies. Tal vez los primeros gráficos computacionales parecieran igual de groseros y de prometedores. Sentí algunos estímulos como algo blando que empujaba las yemas de mis dedos. Otros parecían duros y presionaban la palma de mi mano.

Como el estimulador de la memoria de titanio-níquel, algunos estímulos parecían claramente agradables, como un bien masaje o el alivio que produce rascarse cuando hay picazón.

Nadie sabe si la promesa inicial de ese enfoque soportará la prueba de la realidad. El tiempo dirá si Hennequin y su equipo lograrán usar el "músculo del aire" con éxito para reproducir tanto la sensación como el aspecto de la realidad física. Así como el "fotorrealismo" es la meta de una rama del grafismo computacional, el "realismo táctil" tiene el potencial para crecer y convertirse en una meta general para los diseñadores de vestimenta cibernética. Hennequin y su equipo acababan de completar un prototipo de "pruebas de concepto" cuando me encontré con él en el verano de 1990, y le esperaban meses de arreglos y ajustes. Pero si se consideran otras aplicaciones que se desarrollaban en su taller, Hennequin tenía una buena probabilidad de éxito y de alcanzar su meta.

Hasta que le mostré las separatas de investigación de los laboratorios en California y Japón, Hennequin apenas si estaba enterado de que su invención, si funcionaba tan bien como él lo esperaba, podría llegar a ser la solución para los problemas técnicos que los investigadores de RV en todo el mundo habían procurado resolver durante años; y podría ser el principio de todo un conjunto nuevo de problemas sociales. La misma tecnología que podría liberar las mentes atrapadas de los tetrapléjicos en todo el mundo, también podría aplicarse en forma decadente a la teledildónica, o malevolente, al lavado de cerebros. Como uno de los personajes de William Gibson decía en *Neuromante*, "la calle encuentra sus propios usos para la tecnología". La sensación táctil simulada podría producir profundos efectos sobre nuestros sentidos del cuerpo, nuestra moral, nuestra cultura. Se deben contestar importantes preguntas científicas mediante una investigación esmerada y que demanda tiempo antes de que sepamos exactamente cómo funcionarían las ilusiones táctiles; no es fácil predecir cuándo estará listo el adormecido estudio de la percepción táctil para proporcionar datos a los partidarios de la realidad. E incorporar facultades táctiles de percepción en un aparato de poco peso es un problema importante de ingeniería.

Hennequin podría estar creando un elemento importante del rompecabezas. Sus dispositivos neumáticos podrían proveer la llave para el avance o apuntar en su dirección. O tal vez David Johnson, de la TiNi, en su taller de Emeryville, está en la pista correcta con la aleación de la memoria de forma. O alguien más, de quien nunca hemos oído hablar, volverá a aplicar una antigua y oscura teoría o inventará una tecnología nueva. Sobre todo en el reino de los dispositivos periféricos, la tecnología de la RV tiende a transformar a la especie largo tiempo amenazada de inventores aficionados en competidores reales nuevamente. El propio intento de Hennequin de hacer un guante de percepción táctil —las versiones anteriores realizadas por VPL y los contratistas de las Fuerzas Aéreas estadounidenses— en ausencia de una teoría científica muy evolucionada sobre percepción táctil, genera la posibilidad de que alguno pu-

diera ensamblar un dispositivo de realimentación táctil antes de que los neurofisiólogos o los expertos en factores humanos comprendan cómo podría funcionar un aparato como ése.

Cuando hacia las maletas para Londres, hacía tiempo que había adquirido la costumbre de llevar una carpeta llena de separatas conmigo en los viajes. Empecé a sentirme como una abeja informacional, que llevaba granos de conocimiento, a modo de polen seleccionado en mi maletín, durante mis peregrinajes de un laboratorio a otro en búsqueda de experiencias de RV. Los japoneses se habían interesado en lo que yo sabía acerca de la investigación norteamericana y así les ocurrió a los británicos. Los investigadores holandeses quisieron saber algo más de la investigación japonesa, y parte de los esfuerzos británicos convergían en el mismo problema general que la gente que conocí en Grenoble, Francia, estaba enfocando desde hace 12 años. Nada de eso era información secreta. Sencillamente, esa gente no sabía nada acerca de los demás. Yo llevaba algunas reimpresiones de cada laboratorio que visitaba y dejaba que la gente en el laboratorio siguiente sacara copias de los trabajos que traía conmigo. Y les contaba cómo lograr acceso electrónico a los mundos virtuales de la ciencia. De una manera históricamente secundaria, ésta fue una de las relaciones más extrañas entre un autor no experto y el campo de pericia que cubría.

Del mismo modo que los teóricos del control, los gráficos de computadora y los cineastas estereográficos tardaron décadas en darse cuenta de que trabajaban en diferentes enfoques de las mismas metas, muchos otros teóricos de la RV en todo el mundo en 1990 tenían un relativo desconocimiento de la existencia de los otros. Habían empezado, años atrás, a construir títeres, mecanismos de prótesis o instrumentos musicales, o diseñar robots o hacer arte, para hacer avanzar la técnica de las telecomunicaciones o comprender la índole de la percepción humana, y sólo ahora se les ocurría que alguien más a la vuelta del mundo, en una disciplina desvinculada anteriormente, podría tener precisamente la herramienta o el hecho que necesitaban en su propia indagación. En el caso de Hennequin, él había inventado la tecnología por otras razones, antes de tomar conciencia de las posibilidades de aplicarla a la RV y a la tecnología de los teleoperadores.

Cuando pienso cuán difícil era crear una tecnología de realimentación táctil, me pregunto cuántos Jim Hennequin andan sueltos en el mundo creando piezas de los sistemas de RV de mañana.

Réalité artificielle y el arte del instrumento virtual

"Los medios de que dispone el hombre para hacer sentir su presencia al ambiente exterior son vocales y gestuales. La emisión verbal la usa esencialmente entre sus semejantes, mientras que los gestos se emplean exclusivamente con objetos, en el espacio, con o sin herramientas. Podemos decir,

por lo tanto, que en situaciones de comunicación naturales los gestos son multiformes. Son vigorosos y motores, silenciosos aunque visibles, pequeños pero audibles, y en todos los casos son omnipresentes.

"Puesto que la computadora desempeña un papel cada vez más significativo en nuestro ambiente, surge una pregunta evidente que se refiere a las condiciones de comunicación *entre aquélla y éste... Entre otros, el problema de 'gestos y computadora' existe por derecho propio...*

"Los medios de hoy son esencialmente 'audiovisuales'. En otras disciplinas menos 'mediáticas', las técnicas relacionadas con el procesamiento de los gestos se han desarrollado hace tiempo ya. Tomemos por ejemplo la telemanipulación. *Gracias a órganos apropiados, el fenómeno gestual puede a su vez ser captado, teletransmitido, restituido, procesado y memorizado.*

"Claramente es eso lo que ocurre con exactitud cuando un ademán es captado por un teclado alfanumérico. De hecho, esto sucedió de un modo muy reducido con el manipulador de Morse, pero lo que entonces no había sido entendido (y aún hoy sigue por verse todavía) es que ese ademán es un fenómeno muy sutil y rico...

"El gesto instrumental puede convertirse en un objeto de investigación igual que el sonido y la imagen, si tenemos órganos adecuados que no sólo son apropiados, sino además bastante eficientes."

CLAUDE CADOZ Y CHRISTOPHE RAMSTEIN
Captura, representación y composición del gesto instrumental, 1990

Las luces estaban bajas en la *salle de manip*. El teclado brillaba. Puse mis dedos en los lazos como me indicaron, los moví tentativamente y casi salto —aunque lo estaba esperando— cuando el sonido de una cuerda de violín tocada de forma inexperta salió de un conjunto impresionante de altavoces. Más estremecedora que el sonido era la sensación en mis manos, las yemas de mis dedos, los huesos de mi brazo. Había viajado durante días sólo para poner mis manos en ese dispositivo, el Teclado de Realimentación Modular, la tecnología que hizo que el violín virtual y los otros instrumentos virtuales fueran suficientemente reales para ser sentidos. Cuando oí por primera vez hablar del dispositivo, me pregunté si se justificaba un viaje en tren de 15 horas para colocar mis dedos en él; me pareció que había poca conexión entre la investigación de RV de guante y gafas y ese arco de violín que se parece a un teclado. Pero confié en mi fuente, Margaret Minsky, e hice el viaje. En el momento en que sentí ese arco de violín inesperado vibrar en mis dedos, comprendí que esa gente había estado buceando en la sensación de las cosas desde una dirección enteramente diferente. Los investigadores de la ACROE buscaban las técnicas para sus problemas conductores con un enfoque de ingeniería pragmático, en una institución de investigación seria de IA.

Estaba deliciosamente fresco y oscuro en la *salle de manip* y estáticamente frío al lado, en la *salle de machine*. Cuando hay bastante potencia de computadoras reunida en un mismo lugar, los electrones tienden a generar algo de calor en sus maratones de picosegundos en los microcircuitos, lo que significa que si uno quiere encontrar la única sala en el edificio que, con seguridad, tiene algún artefacto de refrigeración del aire, ha de buscar el lugar donde alojan las costosas computadoras. En LIFIA, el Laboratoire d'Informatique Fondamentale et d'Intelligence Artificielle (Laboratorio de informática fundamental e inteligencia artificial), llaman a esa sala la *salle de machine*, la "sala de máquinas". La presencia de aire fresco resultó un alivio personal enorme para mí después de mi permanencia en Inglaterra. El calor me atacó primero cuando estaba en Londres y no aflojó ni por un momento durante las dos semanas de mi recorrido europeo de la RV. Empecé a marchitarme en Amsterdam, abandoné la mayor parte de mi guardarropa en la casa de un amigo en París, y cuando llegué a Grenoble, el hogar de la investigación de RV civil de Francia, estaba vestido con un pantalón corto de tela estampada, una camisa deportiva haciendo juego y una gorra negra de baseball en la que había pintado signos místicos con tinta metálica la noche antes de dejar California. Estaba guardando ese conjunto concreto para el día de vacaciones en París.

Lavaba el pantalón de algodón y la camisa cada noche, mientras remojaba los pies y colgaba la ropa húmeda del balcón de mi cuarto de hotel, donde podía exponerse al sol de la mañana; la vestimenta estaba seca cuando el cuarto empezaba a calentarse por la mañana. Lo peor es sentir calor en los pies, sobre todo cuando se viaja, de modo que pensé que si decidía ser informal, podía ser totalmente informal, y por lo tanto resolví completar mi conjunto con las sandalias brillantes de plástico verde y con tiras de cuero que suelo llevar para los hoteles y los largos viajes en tren. Recuerdo haber dirigido un seminario de dos horas a una docena de investigadores del Instituto IMAG, el Institut Informatique et de Mathématiques Appliquées de Grenoble (Instituto de informática y matemáticas aplicadas de Grenoble) en mi segundo día de permanencia, vestido siempre con esa ropa (*sans chapeau*). El personal de investigación debe guardar algunas imágenes mentales extrañas del escritor que viajó tan lejos, llevando noticias sobre investigación de RV, mostrando diapositivas de instrumentos maravillosos en Chapel Hill y Tsukuba: el norteamericano con el pantalón corto de tela estampada, un verdadero Juan Pueblo. La decisión sobre el correcto estilo de vestir para cada una de mis apariciones, que me exigen ofrecer presentaciones así como meter la cabeza en las demostraciones y realizar entrevistas, se planteó como un subtema secundario en mis indagaciones de la RV; me enteré de que la gente estaba universalmente interesada en la información que les podía aportar, de modo que empecé a sentir que no había necesidad de ser terriblemente ortodoxo en cuanto a la indumentaria. Tenía la ventaja en muchos casos de saber que me había precedido Jaron Lanier, de modo que las mínimas particularidades de vestimenta, como era mi caso, no producían un choque en los círculos de RV. La gente de la NTT re-

cuerda probablemente todavía al autor de traje gris, corbata conservadora y zapatos de Van Gogh. Thomas Furness me preguntó dónde podía conseguir una camisa estampada después de verme usar una, cuando di una conferencia a su clase de mundos virtuales en Seattle.

Pero el calor tomó la delantera sobre los convencionalismos en el momento en que bajé del tren en Grenoble, y el equipo de RV francés de Claude Cadoz, Annie Luciani y Jean-Loup Florens pareció bastante interesado en las separatas científicas que yo llevé, así como en los videos, las diapositivas, los comentarios sobre lo que hacían James Hennequin y Margaret Minsky, las últimas noticias sobre la supercabina y VPL, para ignorar la informalidad de mi atavío. Altavoces y monitores de CRT de color revestían las paredes de la *salle de manip*, la sala de manipulación. En el lugar donde se realizan las demostraciones, unos bafles de espuma en varios rincones indicaban que alguien quería asegurarse de que la acústica en la sala fuera correcta. Una workstation gráfica de Evans y Sutherland con un enorme monitor de color ocupaba la mayor parte de una mesa. Pero el foco visual de la sala era el "teclado", un hermoso mecanismo de relojería electromecánico de bronce y aluminio pulido, con su parte interna visible a través de una caja clara de acrílico, resultado de más de 12 años de investigaciones en "control de gestos".

Salvo por la caja de plástico, el teclado de realimentación modular se parecía al tipo de instrumentos que los científicos aristocráticos como Newton y Lavoisier encargaban a sus artesanos para que éstos se los fabricaran con madera dura y aleaciones, en siglos pasados. Las propias teclas era del tamaño de las del piano y, más tarde, cuando abandonaron el dispositivo periférico e ingresaron en el hechizo apropiado mediante el teclado de la computadora, las teclas parecían y sonaban realmente como las de piano. Un pianista de renombre mundial formaba parte del equipo de los colaboradores artísticos. Cuando vi por primera vez el dispositivo, se le habían agregado unos aros de acero inoxidable unidos a dos de las teclas metálicas con pequeñas grapas; parecía algo que podría usar un cirujano. Coloqué mi pulgar e índice en el dispositivo y los moví. Se movieron los aros en tándem. Un par de sonidos de violín salió de los altavoces y mi mano me informó que yo acababa de mover el arco del violín sobre una cuerda templada. Esto hizo vibrar en mí algo que no habían logrado hacer las más vívidas ilusiones visuales.

Fue la misma respuesta íntima que me había sorprendido antes, en Chapel Hill y Cambridge, al luchar con las moléculas en el ciberespacio o al revolver una melaza virtual. Me daba cuenta de que estaba sosteniendo un metal, sabía que el sonido era sintetizado en tiempo real por electrones que corrían alrededor de un chip en alguna parte de la *salle de machine*, pero tenía la *sensación* de estar tocando el violín. Podía controlar la presión del arco y oír cómo variaba de tono el violín. Podía hacerlo rebotar o llevarlo con un largo movimiento lento; la realimentación, a menudo carente de armonía, de las cuerdas virtuales me revelaba como a un ignorante absoluto en materia de arcos y violines. Ésta fue la ilusión perceptiva más turbadora desde que revolví los

cubos de hielo en la melaza, un año antes en el laboratorio de Margaret Minsky. Fue ella, en efecto, una de las personas que me sugirieron hacer una visita a Grenoble. Entiendo el porqué. Hay algo fundamentalmente importante en la relación entre un músico y un violín, por ejemplo, que falta en mayor o menor medida en la interfaz hombre-computadora, a pesar del progreso que se ha hecho en la representación audiovisual.

Habría más demostraciones posteriormente. Tan pronto como me dejaron experimentar esa sencilla simulación de un instrumento tocado con un arco, estuvimos todos ansiosos de intercambiar información durante un rato, antes de sumergirnos en el mundo manual o de cabeza de los "transductores gestuales" y "gestos instrumentales". Yo había sentido y oído bastante para saber que ellos estaban tras algo. Una cosa son los HMD. Comprender y transmitir percepciones proprioceptivas y táctiles son otro asunto. Esos tres investigadores tenían una clara fe de que estaban sobre la pista de algo. De modo que dejamos con pesar el fresco de la *salle de manip* y nos retiramos a las oficinas de la ACROE, donde se podía encontrar un pizarrón blanco y marcadores de color, instrumentos necesarios para todos los científicos del mundo. El personal de apoyo correteaba alrededor, como lo había hecho en Tokio y Londres, llevando papeles a las copiadoras, videos a los aparatos de duplicación y diapositivas al laboratorio más próximo de fotografía. Agregué varias separatas y diapositivas de la ACROE a mi biblioteca de RV portátil. Había tres investigadores principales, varios licenciados, algún personal de apoyo y un acopio respetable de potencia informática dedicada a la ACROE, que era una celdilla de una colmena de siglas interconectadas, alojadas en un edificio moderno en una vieja ciudad sobre el Ródano. La ACROE es la Association pour la Création et la Recherche sur les Cutils d'Expression (Asociación para la creación y la investigación sobre los instrumentos de expresión). Los tres miembros principales del equipo francés de RV han sido patrocinados por el Ministerio de Cultura francés, pero la ACROE anida geográfica y burocráticamente dentro del Instituto IMAG, como parte de LIFIA.

Cuando oí por primera vez hablar de ellos a Margaret Minsky, me dirigí a ellos a través de la Worldnet para ver qué pasaba. Primero, les mandé un fax contándoles lo que yo hacía e incluí mi dirección electrónica. Cuando al día siguiente me comuniqué con el WELL, había un mensaje de O. Roualt, un posgraduado que trabajaba con los principales investigadores de la ACROE. Él mencionó una especie de piano que también podía ser un violín. Dijo que si yo estaba escribiendo sobre la situación de la RV en el mundo, ellos tenían algo para mostrarme en el rincón sudeste de Francia, a tres horas de París con el tren más rápido, y que el viaje valdría la pena. Le dije que aparecería por ahí en cierta fecha. Al día siguiente recibí más correo. O. Roualt me preguntaba si me quedaría un día más y daría un seminario sobre lo que había visto en otros laboratorios; así fue como terminé dando conferencias a un grupo de investigadores franceses de informática tecnológica sobre la situación de la investigación de la RV en el mundo. En ese momento, mis presentaciones iban siendo

más fáciles, pero me tomaba más tiempo cada charla: sólo conté a los investigadores franceses lo que había dicho sobre la investigación estadounidense en Japón, junto con lo que había visto sobre la investigación tanto japonesa como británica y holandesa, y oído acerca de la investigación alemana.

El LIFIA me hizo recordar al ATR, aunque más pequeño en un orden de magnitud, porque abarca una integración de varios campos de investigación superpuestos: IA, paralelismo y redes neurales, matemáticas y teoría del software, nuevos lenguajes de programación, modelación de sistemas físicos por computadora, visión de computadora, robótica y una variedad de RV que busca sintetizar no sólo sonidos, sino *instrumentos*. Hay un semillero de investigación de RV que anida en esa agradable y antigua ciudad, con los Alpes Franceses asomándose al este y una ciudad que llena el valle, cada vez más cosmopolita y desgraciadamente cada vez más condenada al *smog*. El programa de investigación de RV francés es pequeño, pero está estrechamente vinculado con muchos otros programas que da la casualidad de que suministran información y tecnologías decisivas para la investigación de la RV. El programa de la ACROE está muy concentrado en una especialidad. Así como la UNC se especializa en herramientas de visualización, el Centro de Investigación de Robótica Avanzada se concentra en vehículos operados a distancia, y el ATR enfoca la RV como un medio de comunicación, el esfuerzo francés parece especializarse en la *transmisión del gesto*, sobre todo como medio para vincular la imaginación y la destreza de ojos y manos con herramientas computerizadas eficientes. Las orquestas virtuales y los robots microquirúrgicos teleoperados forman parte del mismo manojo de problemas de investigación.

Como el ATR, los investigadores del LIFIA persiguen varias clases diferentes de conocimiento fundamental acerca de los aspectos perceptivos del procesamiento de información de las imágenes visuales, así como también disciplinas de ingeniería aplicada, como el reconocimiento automático de escenas ("RV sin guante") que se construyen a partir de ese mismo conocimiento. Unas setenta personas están directamente inmersas en la investigación en LIFIA, con otras diez que contribuyen con funciones administrativas y técnicas. La colección de computadoras modernas, la financiación a largo plazo, la atmósfera de cerebros unidos, todo eso metido en un nuevo edificio detrás de un viejo portón de piedra al final de una calle empedrada, hacia el centro de la antigua Grenoble, indicaba un muy alto nivel de apoyo financiero que venía de alguna parte. Esa "alguna parte" resultó ser Europa.

Algunos de los fondos del LIFIA provienen de varios ministerios franceses, pero alrededor del 70 por ciento de los fondos de investigación tiene su origen en los contratos, la mitad de los cuales corresponden a los principales programas de cooperación europea. El alcance continental y la amplitud disciplinaria del programa de investigación del LIFIA me hizo recordar lo que dijera Jens Blauert en Santa Bárbara, cuando hablamos acerca del consorcio de *telepresänz* alemana naciente, de 37 científicos alemanes de disciplinas diferentes "que dedican una parte importante de sus actividades de investigación

a la fundación de la tecnología de telepresencia". Blauert, que trabaja en Bochum, Alemania, observó que era más fácil obtener fondos europeos que nacionales para esfuerzos interdisciplinarios como ése. En el verano de 1990, el consorcio alemán que Blauert había mencionado todavía estaba en su etapa de planificación; los investigadores proseguían con sus actividades separadas, pero el banco de pruebas de la *telepresänz* no había adelantado hasta el punto de tener un edificio y un laboratorio completamente equipado dedicado a la RV. Esa situación probablemente ha cambiado desde 1990.

El esfuerzo de la RV, representado por la ACROE, era pequeño, pero estaba evolucionando desde fines de 1970, lo que los acredita, con Krueger, Brooks, Negroponte y Furness, como gente con muchos años en el juego de la RV. Así como parece haber una fuerte propensión en Japón hacia el uso de la RV como interfaz humana para computadoras y como medio de comunicación, percibí en el programa de investigación francés una apreciación distinta de la importancia de vincular el gesto con la expresión visual y acústica. Como Krueger, parecían captar la idea de que la interacción es el medio de expresión singularmente adecuado a las computadoras, y de que los artistas podían crear así sus obras de arte, que eran también experimentos en la naturaleza de la interacción hombre-computadora. Krueger se concentraba en los aspectos de comportamiento gruesos de esa interacción: posición y gesto y movimiento de los brazos, manos y piernas. En Grenoble se concentraban en preguntarse qué hace un pianista o un violinista o un pintor con sus manos y ojos y cerebro para crear algo nuevo, como un modo de extender el alcance de los artistas humanos y como un marco apropiado para un esfuerzo amplio de investigación de la relación hombre-computadora.

Leamos a continuación lo que dice el folleto del LIFIA acerca del rol de los artistas y de la realidad artificial en su programa de investigación general:

> *"Los modelos físicos, el control gestual y la interacción en tiempo real son las tres claves que caracterizan la investigación en el LIFIA en la confrontación más avanzada entre tecnología informática y creación artística, musical y visual. En ese dominio, hay demanda de investigación básica. Primero, una investigación sobre modelos físicos, ya que, en sonidos e imágenes, éste es el único medio para aceptar el desafío de la naturalidad y la expresividad, puesto que todo depende de la computadora, un dispositivo totalmente artificial. Pero los modelos de objetos físicos que son deformables, móviles, vibrantes, generan simulaciones costosas, y la investigación de la optimización de los algoritmos de simulación es decisiva. Luego una investigación del control gestual y los transductores gestuales de realimentación de la fuerza, que establecen una relación física entre los gestos del operador y las reacciones de los objetos simulados, una relación esencial en el acto de la creación, que se expresa mediante el canal de los gestos. Esto nos conduce a instrumentar dispositivos para gestos sensoriomotores, que abren un nuevo campo al diálogo entre el hombre y las máquinas. Esos dispositivos en verdad ha-*

cen posible captar un gesto, construir una representación del mismo y producir, por extracción de formas significantes, interpretaciones inteligentes de gestos efectivos. Finalmente, hace falta la investigación de la interacción en tiempo real, puesto que el gesto sólo es significativo cuando es simultáneo con el sonido que produce, con la imagen del objeto que se deforma, con la reacción mecánica, y es captado por el objeto virtual al que se aplica. Esta investigación original en el LIFIA requiere máquinas de síntesis en tiempo real para el sonido, la imagen y la reacción mecánica, y conduce a la implementación de un sistema de software y de hardware complejo, a la vanguardia de la tecnología corriente, donde esas máquinas cooperan para hacer presente una realidad artificial."

Cuando nos acercamos al pizarrón blanco, recibí una intensa versión de su presentación, que Annie Luciani y Claude Cadoz condujeron pasándose la pelota, levantándose, quitándose el marcador el uno al otro, borrando lo que el compañero había escrito, aun cuando yo procurara apuntarlo en mi anotador. Y en ocasiones Jean-Loup Florens, que estaba sentado ante una mesa conmigo mientras que los otros ejecutaban su dueto, respondía a una de sus indicaciones para explicar con más detalle. Luciani es pelirroja, animada, amigable y no soporta tonterías. Cadoz estaba vestido de negro aun en la tarde sofocante de junio. Él también tiene una barbita bien recortada, una frente alta y un pico de viuda que le da un aspecto levemente saturnino. Luciani y Cadoz eran rápidos y su inglés era mucho mejor que mi francés, aunque descubrí que podía hacer llegar mis preguntas mejor si usaba cualquier palabra francesa que se me viniera a la mente. El inglés de Florens era sólo moderadamente mejor que mi francés, de modo que tardó más tiempo en responder. Mi "instrucción" terminó al cabo de dos horas. Ellos estuvieron pensando en la vía particular que los condujo a la RV durante largo rato, y no es fácil explicar un par de décadas de trabajo intelectual en unos pocos minutos.

La ACROE empezó a construir dispositivos de realimentación de fuerza para la síntesis de sonidos en 1978, basándose en un principio muy similar al que Myron Krueger había abrazado más o menos en la misma época: computadoras y circuitos electrónicos se han aplicado con éxito a la síntesis de los sonidos, reproduciendo las características acústicas de instrumentos conocidos y creando sonidos que no se habían oído antes, y de la misma manera han avanzado en la dimensión visual hacia objetos visuales sintetizados cada vez más realistas; pero pocas personas y sólo un puñado de informáticos se habían empeñado en sintetizar instrumentos, reproduciendo la sensación de tocar un violín o el piano. El Laboratorio de los Medios está trabajando con el elemento interactivo en instrumentos virtuales, pero la ACROE parece tener el programa de investigación más largo.

El gesto, como observara Krueger, desempeña un papel importante en la comunicación humana y podría ser un medio clave en la comunicación entre hombre y computadora. A sabiendas de que la comunicación gestual podía ser

un tema central en el diseño de interfaz entre hombre y computadora en general, la investigación de la ACROE se basó desde el principio en su convicción de que la creación de instrumentos artísticos nuevos era un "problema conductor" importante y útil para estudiar los elementos de la comunicación gestual. "Nosotros no sólo apuntábamos a una ergonomía mejorada del control gestual en la síntesis de un sonido, sino más bien a una nueva introvisión en la propia síntesis musical. Queríamos proponer no sólo una síntesis del sonido sino también del *instrumento*", explicaba Cadoz.

Para Brooks y su equipo en Chapel Hill, una meta consistía en hacer una molécula que se pudiera sentir bajo la mano; para Furness y la USAF, la meta suprema era asegurar la supervivencia del piloto y la seguridad del avión en condiciones confusas; Margaret Minsky quería crear un papel de lija virtual y estudiar la percepción táctil. La ACROE estuvo apuntando a construir violines virtuales durante más de una década. En 1978, Cadoz y Florens crearon un dispositivo unidimensional en el cual los motores ejercían una fuerza resistente a una masa que el operador pudiera deslizar a lo largo de una barra y sentir la resistencia como un objeto virtual con grados de elasticidad variables. Estudiando la forma en que operan las fuerzas amortiguadoras, las masas y los resortes en una dimensión, empezaron a especificar qué necesitarían para un dispositivo que actuara a modo de transductor gestual (un medio para convertir los gestos humanos en datos de computadora) y un mecanismo de realimentación táctil (un medio de crear representaciones táctiles de objetos virtuales). Estaban apuntando a un dispositivo que simulara lo que llamaban el *gesto instrumental*. Sabían que tendrían que diseñar motores especiales sumamente compactos con una respuesta precisa y ultrarrápida y una potencia considerable; sus motores "seccionados", patentados, uno para cada tecla y una tecla para cada grado de libertad, eran el resultado de esa rama de sus investigaciones. A principios de los años 80, construyeron un transductor gestual de segunda generación. Se parecía a un cruce entre un sextante y una brújula, con engranajes y contrapesos y motores diminutos.

—Necesitábamos construir transductores de alto rendimiento como éstos —exclamó Luciani, tomando el marcador azul de las manos de Cadoz y dando un paso hacia el pizarrón blanco—, pero también estuvimos creando lenguajes para conectar los gestos con el sonido y la imagen.

Tenían una clara idea del gesto instrumental, los movimientos inteligentes de manos, brazos y dedos que guían el oficio humano. Pero el gesto conduce a todas partes. CORDIS se llamaba su esfuerzo de diez años para crear una arquitectura de software construida alrededor de un dispositivo de entrada de alto rendimiento reflejante de la fuerza y sensible a la fuerza, de tal modo que conectara la expresión gestual con la síntesis de los sonidos y de las imágenes. Volvimos a la *salle de manip* para tener un poco de aire fresco y otra excitante demostración. Me mostraron un poco de ANIMA, el lenguaje de manipulación gráfica que habían desarrollado durante un período igualmente largo. Desde luego que estaban fascinados por los relatos acerca del guante de VPL. Su

interés por las habilidades de las yemas de los dedos requería, naturalmente, dispositivos de entrada de un grado de ejecución mucho más sutil.

De vuelta en la fresca penumbra me instalé en el asiento importante, la cómoda silla de oficina desde la cual podía ver, oír y sentir lo mejor de una reproducción gestual. Usé los mismos periféricos quirúrgicos que sirvieron como arco de violín, para manipular un complejo de formas gráficas caleidoscópicas de computadora en tiempo real. Hay cierto placer infantil en dominar esas tareas abstractas aunque fascinantes, relacionadas tal vez con esa exaltación que sienten los fanáticos de los videojuegos. Cuando uno encuentra una manera de conectar el conocimiento de los dedos con una tarea visual compleja, uno se siente con una intensidad muy baja, como deben sentirse los pilotos del F15 con todas esas hormonas de luchar o huir que estimulan su inteligencia. Esas tareas —separar una información vital de ruido, procesar inteligentemente las percepciones, tomar decisiones rápidas basándose en datos cambiantes, inciertos— pertenecen a las cosas que los humanos han aprendido, por evolución, a hacer muy bien.

Su meta de dar un violín virtual y un arco virtual a un violinista sirvió para inspirar más de doce años de desarrollo de hardware y software, lejos de los centros tecnológicos del mundo. Extendiendo lo que habían aprendido de sus experiencias con el dispositivo de realimentación reflejante de fuerza en 1978 y el sistema de tecla única que construyeron en 1981, el equipo de ACROE construyó el instrumento que su década de investigaciones los condujo a crear: un teclado en el cual cada tecla podía representar un grado de libertad y mediante el cual las sumamente finas percepciones de los dedos de un músico pudieran intercambiar información entre un humano y una computadora.

—El gesto instrumental debe ser auténtico —exclamó Florens en un momento dado.

Recordé el sonido de aficionado que me salía cuando yo ejecutaba el violín. Ahí estaba el equivalente perceptivo del fotorrealismo, una meta para el grafismo computacional. Los motores especialmente diseñados y los delicados mecanismos del transductor, junto con las herramientas de software para la síntesis del sonido y la síntesis de la imagen que ellos habían confeccionado, representaban no solamente el logro de la ACROE de los "instrumentos virtuales", sino un banco de pruebas ideal para estudiar la naturaleza del gesto instrumental y la dimensión de alto rendimiento de la interacción gestual entre hombre y computadora. ¿Por qué detenerse al producir instrumentos virtuales que suenan y se persiguen exactamente como sus contrapartes físicas? ¿Por qué no crear instrumentos virtuales que pudieran hacer lo que ningún instrumento anterior sabía hacer? Luciani y Cadoz tardaron algún tiempo en explicar cómo las abstracciones generalizadas que habían creado para transferir gestos al campo visual y sonoro coincidían perfectamente con la tarea de controlar un robot manejado a distancia o de abrirse camino en un mundo virtual táctil. El teclado de realimentación modular fue presentado por primera

vez al público en 1989, y la investigación del aspecto de los factores humanos del proyecto —las habilidades sensoriomotrices que hacen la diferencia entre un maestro y un profano— apenas habían empezado.

La investigación y el desarrollo a fines del siglo XX es una mezcla de capitalismo, ciencia y tecnología. Los descubrimientos y las tecnologías conducen a productos; la demanda de productos y el dinero que aportan conducen la investigación a descubrir principios que llevan a nuevas tecnologías y productos mejorados. A veces la investigación y el desarrollo críticos se llevan a cabo en laboratorios gigantescos, bien equipados. En otras ocasiones —sobre todo cuando la ciencia y la tecnología son nuevas y no probadas, y los productos no tienen precedentes—, los verdaderos pioneros son negocios pequeños. En Silicon Valley, a los tecnoempresarios que se iniciaron como aficionados artesanales se les profesaba un respeto especial desde los días de Hewlett & Packard, Wozniak y Jobs.

15

Una RV artesanal

"De modo que en las carteleras principales de la zona —en PCC, en Lawrence Hall, en algunas escuelas y corporaciones muy técnicas— Fred Moore fijó un letrero que decía:

"'GRUPO DE USUARIOS AFICIONADOS DE COMPUTADORAS - CLUB DE COMPUTADORAS ARTESANALES... ¿Usted construye su propia computadora? ¿Terminal? ¿Máquina de escribir para TV? ¿Dispositivo de entrada o salida? ¿O alguna otra caja negra mágica digital? ¿O compra tiempo en un servicio de tiempo compartido? Si es así, podría venir a una reunión de personas con intereses comunes. Intercambiar información, ideas, ayudar a trabajar en un proyecto, cualquier...'

"El pequeño club formado por Fred Moore y Gordon French había crecido hasta un tamaño que nadie hubiera imaginado. Era la vanguardia de una generación de 'artesanos' de hardware que se estaban 'iniciando' en una nueva industria, la cual —como creían ellos— sería diferente de cualquier otra industria anterior...

"Era la fértil atmósfera del club que guió a Steve Wozniak hacia la incubación del Apple II. El intercambio de información, el acceso a intuiciones técnicas esotéricas, la turbulenta energía creativa y la oportunidad de insuflar en la mente de todos un proyecto o programa bien elaborado..., ésos eran los incentivos que sólo aumentaron el intenso deseo que siempre había tenido Steve Wozniak: construir el tipo de computadora con la que él quería jugar."

STEVEN LEVY
Hackers, 1984

Las ruedas más grandes son las que más tardan en dar la vuelta. Aunque VPL, Autodesk y el aspecto comercial de HITL parecen ser los acontecimientos más importantes en la aparición de la industria de la RV, hay muchas empresas más pequeñas que van surgiendo; una o algunas de ellas podrían so-

bresalir de la multitud, como lo hicieron DEC y Apple y Autodesk. La investigación de la RV marca también el retorno del inventor y del tecnoempresario caseros. Por un largo tiempo pareció que el mito de la ciencia y la industria caseras hubiera muerto, por desgracia. La revolución del ordenador personal se hizo posible gracias a la pequeña élite de los informáticos en la ARPA y el ARC y el PARC, pero fue llevada a las masas por el Club de las computadoras artesanales, que empezó con aficionados y terminó en una industria. Mientras trabajaba en este libro, he observado a un par de inventores aficionados arrancar por su cuenta, crear sus primeros prototipos, encontrar sus primeros clientes y mudarse a sus primeras oficinas. También he seguido la pista de media docena de otras compañías que esperan vender un producto o servicio en la industria de la RV, todavía casi enteramente hipotética. Podría no ser un Edison ni un Alexander Graham Bell quien dé el puntapié a la RV para elevarla desde una ciencia marginal a una industria mundial. Tal vez la persona que lleve el sueño de los verdaderos creyentes al país del mercado masivo será más parecido a Henry Ford o Steve Jobs.

Nunca subestime la fuerza del entusiasta, sobre todo un entusiasta técnico estadounidense. Uno de los personajes más positivos de la compleja personalidad estadounidense es el remendón experimentador, el inventor, el científico aficionado que ensaya con juegos de cristales o computadoras caseras por pura diversión. Los Edisons y los Teslas y los Wozniaks parecen surgir a intervalos regulares del consorcio de aficionados tecnológicos en un depósito de Menlo Park, New Jersey, o de un garaje en Menlo Park, California. Uno de los prerrequisitos para ello es que las herramientas y los materiales para la experimentación sean accesibles a los aficionados. La tendencia general de la alta tecnología no gozaba, sin embargo, de esa disponibilidad. Uno puede construir su propio conjunto de cristales, pero no puede fabricar sus propios microchips. Uno podía hacer investigación física básica en el siglo XIX, y gran parte de ella fue realizada por aficionados, pero uno tiene que ser un consorcio o un gobierno para explorar las fronteras de la física de altas energías. Sin embargo cuando la revolución de la miniaturización hizo que fuera posible colocar todos los componentes fundamentales de una computadora en un solo chip, los aficionados inteligentes pudieron de pronto experimentar en un reino que antes estaba confinado al ámbito del Departamento de Defensa o a las sociedades anónimas del tamaño de la IBM: las computadoras. Cuando la corporación Intel empezó a vender chips para microprocesadores, al principio de los años 70, y el MITS empezó a vender en Albuquerque juegos de construcción de microcomputadoras unos años más tarde, el movimiento de los aparatos "hechos en casa" había nacido, y con él una de las leyendas clave del origen de Silicon Valley.

Los entusiastas de las "computadoras artesanales" crearon una segunda industria en un nicho que los gigantes de computadoras consideraban demasiado minúsculo. Los aficionados que se encontraban en el auditorio de Stanford Linear Accelerator, en Palo Alto, para intercambiar partes e información, se

convirtieron más tarde en los fundadores e ingenieros principales de Apple Computer, Osborne y una docena de otras compañías que espolearon el nacimiento de la industria de los ordenadores personales. Puesto que había una rica infraestructura de pequeñas compañías que estaban tanteando las necesidades de la industria creciente, creando productos que acelerarían el desarrollo en todas partes, la tradición de lo hecho en casa se trasladó a la revolución de los ordenadores personales cuando empezó a alcanzar a los *amateurs* interesados fuera de los círculos de aficionados. Cuando las primeras computadoras Apple permitieron a los no programadores practicar una gran variedad de juegos diferentes en sus computadoras hogareñas, cambiando simplemente el software, una gran población de "terceros" creó el software que impulsó a millones de personas a comprar computadoras Apple. A medida que fue creciendo Apple y que la IBM saltó al juego de los ordenadores personales, hubo quienes se quedaron en el camino y muchos de los aficionados-empresarios volvieron a ser simples aficionados. La tecnología de los ordenadores personales se volvió cada vez más compleja, las compañías se volvieron demasiado difíciles de manejar como para innovar y el elemento de fabricación artesanal se retiró a la retaguardia del mundo de las computadoras, otra vez.

Dentro de pocos años, uno podrá escribir un libro entero sobre las industrias de RV caseras que están surgiendo a principios de los años 90. Yo no fui capaz de seguir la pista de todos los desarrollos en el dominio de las pequeñas compañías, pero mis propias antenas que siguen el ritmo del cambio son pulsadas a intervalos bastante regulares, en ciclos bastante separados, para tener una fuerte sospecha de que la revolución de la RV casera está en una fase de incubación muy poderosa. Hay ciertamente un *pool* de entusiastas conocedores de hardware y software y tienen formidables medios para comunicar información técnica entre ellos por vía de Usenet. Pero ¿puede ser éste bastante barato? Ya se dio el primer paso: el sistema Autodesk demostró que se podía construir un sistema de RV económico por unos 20.000 dólares. Cuando ese precio baje lo suficiente, la revolución de los elementos artesanales arrancará. Si caen los precios del hardware, si se encuentran ingeniosas soluciones de software para costosos problemas relacionados con el procesamiento de los datos de RV, si el HITL cumple con su promesa de crear un sistema operativo virtual de dominio público y si la información sigue circulando sobre la forma de armar un sistema de RV, podríamos ver cómo surge otra fuerza conductora en el complejo industrial de la realidad.

En mis esfuerzos por mantenerme en contacto con los desarrollos, he visitado pequeñas compañías nacientes en Vancouver, Columbia Británica, la zona de la bahía de San Francisco y Austin, Texas. Por suerte pude seguir la pista del establecimiento y crecimiento de un ente casero situado a distancia de bicicleta de mi casa. Lo he visto crecer a partir de una operación de sala de estar hasta llegar a ser una pequeña y creciente empresa con un producto, clientes, una oficina y un taller. Había conocido a los fundadores de Sense8 Corporation cuando comencé a visitar por primera vez Autodesk. Es difícil no recor-

dar a Eric Gullichsen, con su cabello largo hasta los hombros y sus pantalones a media pierna. Su socia, Patricia Gelband, presenta un aspecto menos llamativo, pero cuando empecé a conversar con ella quedó claro que absorbía cada detalle de lo que ocurría en el cuarto. Cuando visité la sala de demostraciones en Anaheim, intervine en una conversación con ellos dos y con Timothy Leary acerca de los infinitos horizontes de potencial que habían arrastrado a todos los que estaban comprometidos en la industria de la RV en 1989. Desde el punto de vista del programador, habrá mucho trabajo para hacer a fin de elaborar productos a partir de las demostraciones que había producido la primera ola de la industria de la RV. Gullichsen y Gelband era los programadores de más peso, aunque Gelband me informó que básicamente ella era una matemática que se dedicó a la programación porque estaba interesada en la simulación tanto como en la oportunidad empresarial. En la vieja tradición de Silicon Valley, abandonaron Autodesk para iniciar su propia compañía de RV.

El sistema Autodesk había utilizado procesadores gráficos especiales en un módulo agregado de 8000 dólares que ampliaba la potencia de una computadora personal al estilo de IBM como máquina modeladora de la realidad, y un par de ordenadores personales Amiga como máquinas de ejecución. Cuando Gullichsen y Gelband se instalaron para crear algo de la nada —una necesidad legal, cuando se deja una compañía para fundar otra— creyeron ver una manera mejor de hacerlo más barato. La eterna búsqueda de una manera más barata de construir las herramientas básicas es una parte del fenómeno de las cosas artesanales. Los propios "artesanos" tiran abajo los precios de ingreso a su club. Cuando Gullichsen me llamó, me dijo que yo sería la primera persona fuera de los creadores que probaría su sistema, y fui a su casa taller para encontrarme con una escena de paraíso artesanal: la sala de estar estaba llena de un montón de terminales de computadora, toscas placas de base con sus filas de chips a la vista, que parecían cucarachas rectangulares negras, manojos de cables de colores codificados, cajas metálicas y plásticas misteriosas con fichas y conmutadores. Habían comprado un sistema Polhemus de posicionamiento. Construyeron su propio HMD con algunas piezas más o menos disponibles que se habían usado en la NASA. Y compraron la óptica a Eric Howlett, un aficionado de RV original. Howlett, un individuo de pelo blanco rizado y aspecto de profesor loco —le oí hablar una vez ante una convención de ingeniería estereográfica mientras escribía en forma semilegible con rotuladores sobre transparencias para cuentas generales— es dueño de una pequeña compañía llamada Pop Optix en Waltham, Masachussets. Scott Fisher había pasado el dato a McGreevy y Humphries, quienes usaron la óptica de Howlett, y VPL siguió la conducta de NASA. En 1990, Howlett estaba vendiendo sus propios HMD.

Hasta poder recibir un DataGlove de la VPL, Sense8 estuvo usando un dispositivo de entrada que yo había visto antes en la UNC, un "orbe" de 6 grados de libertad. El orbe es una pequeña esfera del tamaño de una bola de billar instalada sobre una base, como un joystick. Puede ser empujado, tirado y girado. En cierta manera el orbe es un dispositivo de control mejor que el

guante. El guante es indispensable para establecer el sentido de presencia y darle a uno un mando para manipular el mundo virtual, pero el orbe es mucho más fácil de usar para la navegación en el ciberespacio.

Recuerdo haber ido al local de Gullichsen y Gelband un par de veces cuando se estaban preparando para una demostración. Gelband solía hacer matemáticas con un lápiz y un borrador amarillo en la cocina; Gullichsen solía trabajar con los códigos en la sala de estar. Una vez que Gelband había entendido los problemas con los que se enfrentan los programadores al procurar mantener los complejos mundos virtuales y convertirlos en tiempo real, ella era capaz de explotar sus antecedentes matemáticos para desarrollar algoritmos más efectivos. Como la física nuclear, que de pronto descubre aplicaciones para las ramas "puras" de las matemáticas que habían sido inventadas siglos atrás, el software de RV estimula a un programador matemático como Gelband para aprovechar sus herramientas conceptuales cuando se encuentra con problemas de software relacionados con la RV.

Finalmente lograron hacerlo funcionar a mediados de febrero de 1990. Estaban por meterlo todo en un maletín y llevarlo al avión, de modo que sólo tuve unos minutos de vuelo de prueba en su realidad casera. Me coloqué su HMD, por cierto más primitivo que el succionador de cara de VPL, pero considerablemente menos costoso. Pusieron en marcha la máquina. Y un mundo muy granulado flotó alrededor de mí transformado en pixels coloreados en forma de diamantes. El primer mundo que ellos tenían funcionando, según era de esperarse, tenía una resolución grosera, y consistía en un plano verde —30 polígonos— con tres pirámides. Uno podía usar el orbe o los botones en el orbe y su línea de vista para volar. Volví unos meses más tarde para ensayar su demostración del siguiente nivel. Esta vez había un guante que funcionaba, y mi mano desencarnada —el sello distintivo emergente de una generación anterior de sistemas de RV— flotaba encima de una mesa en forma de tablero de ajedrez. Objetos azules —una pirámide, un cubo, un automóvil— descansaban sobre la mesa. La emoción de extender las manos y usarlas como mitones para recoger objetos de dibujos animados estaba perdiendo su potencia. Pero pude fijar la experiencia: Sense8 me mostró lo suficiente como para que pensara que los sistemas de RV de baja fidelidad y realidad, que cuestan decenas de miles de dólares hoy, podrían estar en los escritorios a mediados de los años 90.

Desde luego, la versión de varios cientos de miles de dólares de la VPL es vistosa y los mundos de planos de pixel de la UNC lo son aún más, y ambos están lejos de ser suficientemente vistosos. Pero la versión artesanal es seguramente algo más emocionante que los mundos de gran perfección. Ahora la gente puede construir sistemas e intercambiar mundos, propagar mejoras, evolucionar como lo hicieron los ordenadores personales. Queda por ver si habrá muchos artesanos del ciberespacio, o si vendrán con un rico conjunto de herramientas o si hallarán los medios para compartir sus esfuerzos. Pero el sistema Sense8 es una prueba de existencia. Uno no necesita ser la NASA. Ni

siquiera tiene que ser la Autodesk. Uno lo puede hacer en su sala de estar de la manera como lo hicieron Gullichsen y Gelband.

En otoño de 1990, Sense8 había desarrollado su producto, un sistema de software que hace más fácil la representación de mundos tridimensionales en tiempo real con un hardware de menos potencia. Llaman a su producto World-Tool y se proponen venderlo en 2.500 y 5.000 dólares. La inversión para convertir su máquina de escritorio en un motor de la realidad sigue siendo muy alta. Pero está dentro del alcance de muchos departamentos informáticos de una universidad o de un grupo de aficionados.

Sense8 no era la única compañía de RV que se iniciaba y que yo encontré en mis viajes. Fake Space (Espacio ficticio) y su fundador, Mark Bolas, también me produjeron cierta impresión. Si Mark Bolas es un típico ejemplo de un talento empresarial que espera entre bambalinas, entonces las compañías de RV más grandes se enfrentarán con una competencia real. En efecto, la compañía de Bolas realmente empezó en un garaje en Menlo Park, fiel a la leyenda de Silicon Valley. En junio de 1988, Bolas empezó a trabajar con Scott Fisher en el Laboratorio VIEW de la NASA en Molly (denominada según un personaje de *Neuromante* de William Gibson), una plataforma de cámara remota binocular esclavizada. Además del trabajo por contrato, Fisher concedió a Bolas el acceso al sistema VIEW después de horas invertidas en conducir sus propios experimentos.

—Convencí a la Facultad de Stanford Design Program para que me permitiera crear mundos virtuales para mi proyecto de máster —recordaba Bolas cuando lo entrevisté.

El Design Program es un programa conjunto que abarca a los departamentos de arte y de ingeniería mecánica. La meta propuesta por Bolas era "tratar el sistema en la NASA como un medio por derecho propio. Intenté explotar ese medio para realizar algunas experiencias audaces por razones puramente estéticas. Ésa era una nueva segunda intención porque era muy difícil convencer a la facultad de que mi proyecto iba a ser una serie de experiencias y poco tenían que ver con el propio hardware".

El primer ensayo real de Bolas del sistema consistió en una serie de tardes en las que se obligó a pasar una hora cada noche en los ambientes existentes de la NASA. "Era fastidioso —recuerda él—. Yo estaba preocupado por haber descubierto la nueva ropa del emperador. De modo que programé y ensayé una nueva variante y volví a programar y ensayar y luego hice que otras personas la probaran, hasta que fuimos quedando satisfechos con la calidad de las experiencias. Terminé teniendo tres piezas de arte y unas cinco audaces ideas de interfaz."

Una de las tres piezas de arte era Mondrian, un experimento en la estética de la virtualidad. Mondrian era una interpretación de una pintura de Mondrian en medio del sistema VIEW. La pieza final consistía en una exposición en perspectiva de la pintura *Composición con líneas*, de 1918. Como lo describió Bolas, "Mondrian opinaba que el lienzo nunca debía procurar imitar el

mundo tridimensional, de modo que yo tomé su pintura y la amplié hacia atrás. Si usted mira su pintura desde el interior de una galería de arte virtual, se parece al original de Mondrian, pero si usted sale de la galería de arte virtual, se dará cuenta de que la 'pintura' es una escultura lineal en tres dimensiones del tamaño de una campo de fútbol y se acomoda para parecerse al original de Mondrian solamente desde el interior de la galería virtual".

Su otro proyecto lo realizó con Fisher, junto con otros varios colegas que más tarde ingresarían en su compañía de RV, y se llamaba Boom. El Boom es una pieza binocular para ver mundos virtuales que se suspende mecánicamente encima de un escritorio como se suspende una lámpara de escritorio. Cuando uno quiere contemplar un mundo virtual, en lugar de encerrar la cabeza en las gafas, extiende la mano y coloca el Boom delante de los ojos, a modo de un par de binoculares. En setiembre de 1989, Bolas fundó Fake Space Labs (con Ian McDowall, Russell Mead, Tim Parker, y Nanci Anderson) para hacer "herramientas reales para ambientes virtuales". Bolas agrega: "Al mismo tiempo que construimos hardware y software para la NASA y otros, procuramos introducir a hurtadillas un poco de sentido de diseño en la construcción del mundo virtual. Estoy asombrado de cuán poco tiempo gasta la gente en los ambientes virtuales y cuánto tiempo invierte en hablar de polígonos por segundo".

Cuando descubrí que el contratista que había hecho la tecnología vibrotáctil relacionada con los "guantes táctiles" de la supercabina, estaba a una hora de distancia de mi oficina, realicé una visita al centro de operaciones de David Johnson (oficina, laboratorio, fábrica) en Emeryville, California, donde su empresa TiNi exploraba la posibilidad de usar aleaciones "de memoria de forma" para crear dispositivos de realidad táctil. La empresa de Johnson, TiNi, estaba ubicada en un edificio de industria ligera posmoderno de acero corrugado en Emeryville, California, antiguamente una zona en declive de industria pesada al sur de Berkeley y que ahora parecía resurgir como un centro de microtecnologías de finales del siglo XX: hay compañías de software de futurólogos y plantas de ingeniería genética, instalaciones de mapeo digital. Los cafés están llenos de obreros del saber, que comen sus almuerzos de bajo colesterol de queso de cabra, hablan de algoritmos y bioformas. La planta de TiNi era un dúplex, con escritorios y workstations en un espacio parecido arriba a una oficina, y alguna maquinaria liviana como agujereadoras y máquinas de deposición para crear microchips.

La fábrica TiNi usa una aleación llamada nitinol como base para una pequeña rejilla de lo que parecen ser puntas de bolígrafos. Nitinol adopta cualquier forma en que se funda y puede ser moldeada nuevamente; luego, cuando se la estimula eléctricamente, la aleación vuelve a la forma en que se la ha moldeado. Puede usarse para realizar la clase de conmutación mecánica que hacen los solenoides, en una escala menor. Al ingresar la orden correspondiente en la interfaz de la computadora, el conjunto de las clavijas de seis por cinco, que ocupan unos cinco centímetros cuadrados, empieza a moverse. Toqué con el dedo la rejilla y sentí algo como la punta de un lápiz debajo de un

trozo de tela, cruzando por la yema del dedo cuando las filas de clavijas eran activadas en la secuencia programada; pude sentir las clavijas individuales, pero detecté el borde que creaban las series pulsadas. En octubre de 1990, en otra convención más de RV, llamada Cyberthon, probé la versión de los cinco dedos. Había un murmullo táctil de posibilidad para transmitir algo de la sensación del mundo mediante esa tecnología. Hay problemas de ingeniería difíciles para resolver. A fin de crear con bastante eficacia ilusiones táctiles acabadas, parece que hacen falta hasta 500 vibraciones por segundo producidas por el actuador táctil, si se quiere engañar la sensibilidad humana a las variaciones táctiles.

Las clavijas producían en las yemas de los dedos una sensación agradable, de cosquilleo y calmante. Mi amigo Flash Gordon tiene una silla que hace algo con sus vértebras en secuencias verticales rítmicas que pueden parecer placenteras de forma obscena. Imagino algo como eso para las posibilidades a largo plazo en la tecnología que persiguen David Johnson y su equipo. O tal vez el individuo que yo conocí posteriormente aquel año, en un taller en Londres, con sus guantes neumáticos y las plataformas móviles muy baratas, estaba probando algo mejor. En cualquier caso, el ingenio de los artesanos es ahora una posibilidad que emerge y que está a punto de transformarse en una pequeña fuerza, en la industria de la RV. Con un éxito de marketing por aquí y por allá, podrían transformarse en una fuerza propulsora.

El mundo no carece de fuerzas que tiendan a conducir el desarrollo de una industria de la realidad en los años 90. Dónde nos conduciría la RV y qué clase de criaturas podríamos llegar a ser como consecuencia de ello es un asunto complejo, un caso para la especulación de largo alcance, porque las respuestas a esas preguntas llevarán probablemente a cuestionar el futuro de nuestras características humanas más básicas, desde nuestra sexualidad hasta nuestro sentido de identidad.

Parte IV

REALIDAD VIRTUAL
Y FUTURO

16

Teledildónica y algo más

There was a young man named Kleene,
who invented a fucking machine.
Concave or convexe, it fit either sex,
and was exceedingly easy to clean.[1]

TRADICIONAL
Esta versión se atribuye
a John von Neumann

El primer sistema teledildónico enteramente funcional será un dispositivo de comunicación, no una máquina sexual. Uno probablemente *no* usará tecnología de telepresencia erótica a fin de tener experiencias sexuales con las máquinas.

Dentro de treinta años, cuando sean ubicuos los impostores portátiles, mucha gente los usará para tener experiencias sexuales con otras *personas*, a distancia, en combinaciones y configuraciones no soñadas por los voluptuosos precibernéticos.

Mediante una combinación de tecnología de realidad virtual y redes de telecomunicación, uno podrá extender la mano y tocar a alguien —o a una población entera— de una manera que los humanos nunca experimentaron anteriormente. O es así como prosigue el guión.

La palabra "dildónica" fue acuñada en 1974 por ese informático visionario y bromista llamado Theodor Nelson (inventor del hipertexto y diseñador del más antiguo proyecto mundial de software inconcluso, llamado apropiadamente Xanadu), para describir una máquina (patente n.° 3.875.932) inventada por un artesano de hardware de San Francisco cuyo nombre es How Wachspress, un dispositivo capaz de convertir el sonido en sensaciones táctiles. El efecto

1. Había un joven llamado Kleene / que inventó una máquina de copular. / Cóncava o convexa, complacía a ambos sexos / y era muy fácil de limpiar. *(N. del T.)*

erotógeno depende del sitio en que el consumidor decida hacer que su anatomía haga de interfaz con el estimulador táctil. La RV induce la posibilidad de una tecnología mucho más refinada.

Imagínese a usted mismo dentro de un par de décadas, vistiéndose para pasar una noche ardiente en la aldea virtual. Antes de meterse en un bien acolchado cuarto y colocarse sus anteojos tridimensionales, usted se desliza en una malla liviana (podría esperarse que fuera diáfana), algo como una media corporal, pero con esa especie de íntimo ajuste de un preservativo. Incrustados en la superficie interna del traje, mediante una tecnología que todavía no existe, hay una serie de sensores-efectores inteligentes, una malla de detectores táctiles diminutos acoplados con vibradores de diversos grados de dureza, centenares por centímetro cuadrado, que puede recibir y transmitir una sensación realista de presencia táctil, del modo en que los displays visuales y auditivos transmiten una sensación realista de presencia visual y auditiva.

Usted puede extender su mano virtual, recoger un block virtual y, pasando los dedos sobre el objeto, percibir las superficies y los bordes, mediante los efectores que ejercen reacciones sobre su piel. Esas reacciones corresponden a fuerzas que usted encontraría si manejara un objeto no virtual de forma, peso y textura específicos. Usted puede hacer deslizar su mejilla sobre satén (virtual), y sentir la diferencia cuando se encuentra con piel (virtual) o puede exprimir suavemente algo blando y flexible y sentir que se endurece al contacto.

Ahora bien, imagínese que usted conecta todo su sistema de telepresencia de sonido, vista, tacto en una red telefónica. Usted ve una representación visual verosímil, pero totalmente artificial, de su propio cuerpo y del de su pareja. Según los números que usted haya marcado y los santo y seña que conoce y que está dispuesto a pagar (o comprar o hacer), puede encontrar una pareja, una docena, un millar, en diversos ciberespacios que no están más lejos que un número de teléfono. Su(s) pareja(s) puede(n) moverse independientemente en el ciberespacio y sus representaciones son capaces de tocarse mutuamente, aun cuando los cuerpos físicos sean continentes separados. Usted murmurará al oído de su pareja, sentirá su respiración en el cuello. Usted pasa la mano sobre la clavícula de su pareja, y a nueve mil kilómetros de allí, se disparan una serie de efectores, en el orden correspondiente, a la frecuencia adecuada, para transmitir el contacto justo en la forma en que usted desea que sea transmitido. Si a usted no le gusta cómo se desarrolla el encuentro, o alguien requiere su presencia en la realidad física, puede desconectar todo moviendo un conmutador o quitándose su traje de cumpleaños virtual.

Antes de sumergirnos en cuestiones referentes a si es ético elaborar la tecnología teledildónica o si es moral usarla, vale la pena preguntarse si la tecnología está lejos de alcanzar esas habilidades, porque la respuesta parece ser: muy lejos. Se necesitarán redes de fibras ópticas para manejar los anchos de banda muy altos que requiere la telepresencia táctil, incluyendo tal vez el tipo de circuitos híbridos y tecnología de conmutación en paquete que la NTT está instalando en Japón como "ISDN de banda ancha"; casualmente, parece que

el mundo está enredando con manojos de fibras ópticas por otras razones. Cruzar ciudades, continentes, hemisferios, llevando grandes cantidades de información de ida y vuelta, con mucha rapidez, no será un problema. Hasta que se rompa la velocidad de la luz, las dimensiones físicas del planeta impiden que exista un ciberespacio verdaderamente instantáneo y compartido; cuanto más amplia sea la distribución geográfica de su ciberespacio, tanto más grande será probablemente la demora de su sistema. La carga de computación generada por semejante sistema es decididamente un problema también, una parada de hecho, en cuanto a las capacidades de computación de hoy. Los obstáculos técnicos más serios que hacen de la teledildónica una tecnología de principios y mediados del siglo XXI, en lugar de ser una moda del año próximo, consisten en que hacen falta computadoras muy poderosas que ejecuten la enorme cantidad de cálculos requeridos para controlar los cientos de miles de sensores y efectores. Cada rincón y protuberancia, cada plano y valle y botón de la superficie de su cuerpo necesitarán su propio procesador.

Asimismo los transductores son un problema real. Harán falta décadas para desarrollar la malla de efectores táctiles diminutos, de alta velocidad, seguros pero poderosos: los vibradores de hoy están en la era del ENIAC. Los problemas de ingeniería en la construcción de los transductores, las partes del sistema que se comunican de tal forma que las personas puedan estrujar y rascar, acariciar y escudriñar pueden ser formidables, y ya son objeto de esfuerzos concentrados en tres continentes. Hennequin con sus neumáticos y Johnson con sus aleaciones de memoria de formas no son los únicos. Los investigadores que me mostraron sus demostraciones en el ATR en Japón estaban muy interesados en la transmisión del tacto. Los investigadores en Italia pueden haber dado un gran paso hacia el tipo de vestimenta cibernética íntima descrita anteriormente. Ya se ha elaborado un prototipo muy grosero de una malla de sensores efectores ligeros, de acuerdo con este pasaje citado de un artículo de 1990 por Shawna Vogel, "Smart Skin" (Piel inteligente):

> *"Uno de los enfoques más complejos de esta meta es desarrollado en la Universidad de Pisa por el ingeniero italiano Danilo De Rossi, quien modeló con mucha aproximación una piel artificial basada en las capas interna y externa de la piel humana: la dermis y la epidermis. Ese revestimiento flexible, de muchas capas, tiene incluso el mismo grosor de la piel humana, aproximadamente el de una moneda.*
>
> *"La dermis artificial de De Rossi está hecha de un gel conductor henchido de agua, encerrado entre dos capas de electrodos que controlan el flujo de electricidad a través del medio húmedo. Como todas las versiones humanas, esa dermis percibe la presión general ejercida sobre un objeto. A medida que la presión deforme el gel, el voltaje entre los electrodos cambia; cuanto más duro es el objeto presionado, tanto mayor la información. Guardando indicadores sobre el cambio de voltaje, un robot revestido de piel podría distinguir así entre una pelota de goma y una roca.*

"Para resolver los detalles más finos de la estructura superficial, De Rossi ha creado una capa epidérmica de hojas tachonadas de sensores de plástico, colocada entre finas láminas de goma. Los sensores son discos del tamaño de la cabeza de un alfiler hechas de sustancias piezoeléctricas, que emiten una carga eléctrica cuando se someten a una presión. Esos discos pueden sentir una textura tan fina como la de los salientes de un manuscrito en Braille."

Esas fronteras científicas proveen el punto de arranque para la fantasía sexual de la RV: coloque juntos una versión muy refinada de "piel inteligente" con bastante potencia de computación, un software ingenioso, algún tipo de sistema de efectores y una red de telecomunicación de alta velocidad, y tendrá un sistema teledildónico. El instrumento que sugiero es mucho más que un vibrador de fantasía, pero propongo que conservemos el nombre arcaico. Una descripción formal más seria de la tecnología sería "telepresencia táctil interactiva".

La teledildónica parece un experimento mental que se escapó del control. Los físicos cuánticos han usado esa técnica de imaginar cierto conjunto de condiciones como una especie de guión mental, un *gedankenexperiment*, un "experimento del pensamiento". La idea consiste en inducir a las personas a colocarse en una postura mental apropiada para ver las implicaciones de un nuevo descubrimiento. Yo cometí el error de ejecutar mi *gedankenexperiment* en mi nodo local de Worldnet.

Escribí una breve improvisación sobre teledildónica, no muy diferente del contenido de este capítulo, y la puse en el correo en el WELL; usé mi módem para enviar la versión electrónica del ensayo desde mi computadora doméstica a una computadora más grande a pocas millas de mi casa, que almacena los registros electrónicos de conversaciones y publicaciones que constituyen el WELL. Es una forma barata de obtener una realimentación instantánea de algunas docenas de corresponsales entre un par de miles de lectores locales. Cualquiera cuya computadora hogareña se comunique con el WELL un momento después en mi despacho, o en medio de la noche o seis meses más tarde, puede decirme lo que piensa públicamente en una conversación o en privado por correo electrónico. La gente puede también hacer otras cosas, como, por ejemplo, copiar los documentos y enviarlos a otros lugares. Pensé que mi escrito estimularía el debate, que podría ayudarme a reflexionar sobre las distintas implicaciones del sexo a distancia. Lo fantástico ocurrió cuando empecé a recibir correo electrónico desde todo el país, horas después de haber enviado el ensayo. No tomé medidas especiales para evitar que alguien reprodujera el documento. Al parecer, una de los varios miles de personas que tenían acceso al WELL había enviado mi improvisación teledildónica a otros lados por correo electrónico; sólo hace falta pulsar unas teclas para enviar un archivo existente en su computadora central a cualquier otra computadora en la Worldnet.

El escrito parece haber afectado algunos nervios. Advertí que un editor que me entrevistó en Tokio para una de las revistas de computación más grandes de Japón tenía una copia impresa. Recibí llamadas de Londres y Amsterdam. La gente parecía hacer caso omiso de mis calificaciones verbales y descripciones de las dificultades técnicas, y casi todos los que entraron en contacto conmigo pidiendo información, parecían creer que semejante dispositivo realmente existía en alguna parte y que yo lo había visto y probado en forma repugnante. Entre las otras experiencias a las que me condujo mi experimento mental, hubo una cena con un periodista alemán, un joven reportero para *Der Spiegel*, una de las dos revistas de actualidad más grandes de Alemania, que estaba viajando en busca de la próxima revolución de computadoras y eso lo condujo a la RV. Después de nuestra cena, escribió un artículo que se publicó varios meses más tarde. Se mencionó mi nombre. Había una foto. Mi agente me envió una traducción muy aproximada, que al parecer era demasiado mala, a menos que la haya leído con poca atención. Un mes más tarde recibí una llamada de una mujer de Augsburgo, Alemania, que me insistió en que fuera a una convención para NCR a los pocos días. Me persuadió de que hablara, tan específica o vagamente como quisiera, acerca de "las futuras perspectivas de la realidad virtual". Cuando llegué a Augsburgo, me arrastró de inmediato a una recepción ofrecida por el alcalde de la Municipalidad de Augsburgo espléndidamente restaurada y adornada. Luego nos retiramos a una bodega municipal para tomar cerveza, comer salchichas y escuchar una sátira bilingüe interminable sobre la historia de Augsburgo. Fue en ese momento cuando el director de comunicaciones de marketing alemán de la NCR me comunicó que yo era un producto apasionante en Alemania en ese período por lo que la historia de *Der Spiegel* había contado, o por lo que ellos creyeron que había dicho.

—¿Qué quiere usted decir? —le pregunté.

—La parte en que se dice que usted experimentaba tener relaciones sexuales con las computadoras —replicó el director de comunicaciones de marketing.

No es de extrañar que los vicepresidentes que se presentaron a mí sonrieran de esa manera al decirme que estaban a la expectativa de mi charla. De modo que abrí mi presentación con la quintilla jocosa de John von Neumann.

La historia teledildónica se publicó también en *Mondo 2000*, un "mutazine" de vanguardia orientado a la tecnología. Después, recibí llamadas aún más extrañas. No puedo evitar creer, por la reacción que recibí en respuesta a un ensayo que escribí en diez minutos por pura diversión, que el interés por esa posibilidad se mantenga. Cuando la gente parece querer que se desarrolle una tecnología, anhelar literalmente disponer de un nuevo juguete posible, esa necesidad puede adoptar una fuerza propia, sobre todo dada la velocidad del progreso en las tecnologías habilitantes y las enormes fuerzas impulsadas por el mercado que quedarán liberadas cuando el sexo a distancia se vuelva posible. Sí, la teledildónica es una aguijoneante fantasía que está lejos de las realidades humanas serias de imágenes médicas o de ametralladoras operadas a

distancia. Pero una vez que se empiece a pensar en el sexo a distancia, es asombroso cuántas otras cuestiones sobre posibilidades futuras se pueden presentar, cuestiones sobre grandes cambios que pueden estar aguardándonos. Dado el ritmo de desarrollo de las tecnologías de RV, no tenemos mucho tiempo para plantear problemas de moralidad, intimidad, identidad personal ni tampoco perspectivas de un cambio fundamental de la naturaleza humana. Cuando la revolución de la RV realmente vaya avanzando, estaremos probablemente demasiado ocupados en lo que vamos a intervenir como para analizar o debatir las consecuencias.

Un resultado colateral del poder tecnológico es el de que la cultura humana se mecanice cada vez más. Nos despertamos y comemos, dormimos y organizamos nuestros días de acuerdo con los dictados de las máquinas que hacen nuestras vidas más fáciles —o al menos difíciles de otra manera— que las vidas de nuestros abuelos. Al mismo tiempo, los deseos humanos fueron estimulados progresivamente, confundidos y finalmente obnubilados por la multitud de imágenes, sonidos, palabras provocativas arrojadas a nuestro paso por los medios electrónicos; McLuhan no nos dijo que la aldea universal sería experimentada en primer lugar por la mayoría de la gente como una sobredosis de anuncios artísticos, basados sobre todo en alusiones sexuales, para los productos de las corporaciones multinacionales. Los medios electrónicos fueron usados hasta entonces por pocos para manipular los deseos de muchos, resultando de ahí una ganancia financiera sin precedentes. Es posible que la tecnología de la telepresencia —si se vincula con un sistema de red distribuida intrínsecamente como infraestructura de telecomunicaciones— dará ese poder a muchos en lugar de reservarlo para unos pocos. Sea esto cierto o sea esto una buena idea, son ambas preguntas que quedan para ser solucionadas.

Para muchos, la idea de "abrazar la tecnología" literalmente hablando parece repugnante. El especialista en ética computacional Joseph Weizenbaum, autor de *Computing Power and Human Reason*, consideraría esto antihumano, estoy seguro. Y tal vez lo sea. Debemos pensar intensa y largamente en esas reservas morales profundas de unos pocos profetas menos que optimistas. Pero no hay duda de que la gente en todas partes del mundo está fascinada por las perspectivas. ¿Y por qué no? Los filósofos contemporáneos han señalado la progresiva mecanización de la cultura humana y el futuro de la expresión sexual como el punto en que se ha de producir una colisión cultural de inmensas dimensiones.

Piense en algunas conjeturas básicas sobre las cosas que existen y que podrían cambiar si la teledildónica se convirtiera en algo práctico. Si cualquiera puede parecer tan hermoso, tan atractivo sexualmente y sentirse tan núbil y viril como cualquier otro, entonces, ¿adónde llegará la nueva semiótica de la pareja? ¿Qué tendrá significado erótico? En el campo del código cultural sexual, se puede aprender mucho viendo cómo usa la gente otras tecnologías de comunicación electrónica para construir experiencia erótica artificial. El "sexo por teléfono", en el cual los clientes pagan por los minutos durante los cuales

mantienen una conversación telefónica sobre temas cargados sexualmente con un ser humano real del género que elijan, podría ofrecer algunas pistas. Así dice Allucquére Rosanne Stone, una estudiosa de esos temas. Supe de ella en la red de comunicación y conocimos nuestras mutuas opiniones bastante bien en la época en que nos encontramos cara a cara. Stone había estado entrevistando a programadores de RV, operadores de sexo por teléfono y amputados, porque todos compartían la experiencia de la incorporeidad y de tener sensaciones de un cuerpo que no existía físicamente.

Cuando descubrió mis indagaciones por todos los rincones sobre investigación de la RV, Stone se puso en contacto conmigo por correo electrónico. En un intercambio electrónico, Stone me envió algunas observaciones provocativas sobre sexo telefónico, parte de un trabajo en marcha denominado "Sexo y muerte entre los incorpóreos", que parecía aludir directamente a la idea de que la gente podría usar la infraestructura de telecomunicación para la gratificación erótica:

> *"El sexo por teléfono es el proceso de construir deseo mediante un modo singular de comunicación. En ese proceso, los participantes crean un repertorio de códigos culturales para construir un guión que comprime grandes cantidades de información en un espacio muy pequeño. El operario codifica verbalmente el gesto, la apariencia y la proclividad, y expresa estos factores como símbolos, a veces en no más de una palabra. El cliente descomprime los símbolos y construye una imagen compleja interaccional densa. En esas interacciones el deseo aparece como un producto de tensión entre la realidad corpórea y el vacío del símbolo, en las fuerzas que mantienen los códigos preexistentes para el cuerpo en las modalidades que no están expresadas en el símbolo; es decir, los símbolos en el sexo telefónico son puramente verbales, y el cliente usa indicios en el símbolo verbal para construir un objeto multimodal de deseo con atributos de forma, tactilidad, etcétera. Este acto es enteramente individual o interpretativo; a partir de un símbolo muy comprimido de deseo, el cliente construye un significado que es denso, ubicado localmente y socialmente particular."*

Los efectos sociales secundarios del tecnosexo son potencialmente revolucionarios. Si la tecnología le permite experimentar estremecimientos eróticos o profunda comunión emocional social y física con otra persona, sin posibilidad alguna de embarazo o de enfermedad transmitida sexualmente, ¿qué ocurre entonces con la moral convencional y con los rituales sociales y los códigos culturales que sólo existen para reforzar esa moral? ¿Es la desencarnación la última revolución sexual y/o el primer paso para abandonar nuestros cuerpos? Siempre que pienso en la visión de miles de millones de terráqueos del futuro, todos enchufados en sus habitáculos de la realidad, pienso en la "distopía" del futuro de E. M. Forster, en la cual los humanos permanecen prisioneros de sus cubículos, hipnotizados por sus medios, ignorando hasta la posi-

bilidad de un escape físico. Y luego pienso que es bueno precaverse y no mirar el futuro a través de los lentes morales del presente: en un mundo de decenas de miles de millones de habitantes, tal vez sea el ciberespacio el mejor lugar para mantener la población relativamente feliz la mayor parte del tiempo.

Volvamos a las implicaciones mentalmente provocativas del telesexo. Si usted puede explorar con las manos las piernas de su muñeca y dejar que los dedos paseen a través del ciberespacio, como es posible hacerlo de una manera primitiva con la tecnología de hoy, no hay razones para creer que usted no podrá explorar sus efectores genitales con sus sensores manuales y tener un contacto genital directo con un apretón de manos. ¿Qué ocurrirá con el contacto social cuando nadie sepa dónde están ubicadas las zonas erógenas de los demás?

La privacidad, la identidad y la intimidad estarán estrechamente conectadas, formando algo para lo cual no tenemos aún un nombre. En los sistemas de computadoras Unix, como los usados por las computadoras centrales de Worldnet, los archivos (documentos, bases de datos, gráficos, sonidos codificados y programas) y las categorías de usuarios que tienen acceso a esos archivos, pueden agruparse en jerarquías mediante un sistema de "permisos", como, por ejemplo, ocultando información detrás de puertas secretas que sólo pueden ser abiertas por los que conocen la clave. Las personas que usan los sistemas Unix hoy en día tienen a menudo zonas de archivo públicamente accesibles, donde todos los que tienen acceso a un sistema de computadoras tienen la clave (una combinación secreta de números, letras y signos de puntuación) para leer y copiar esos archivos, y zonas privadas para las cuales sólo un pequeño grupo de asociados o un socio de confianza conoce la clave. Si en el ciberespacio emerge una estructura paralela, su personaje más público —el modo en que usted desea que el mundo lo conozca— será "universalmente legible" en términos de Unix. Si usted decide unirse a un grupo a un nivel colegiado o entre pares, si decide intimar informacionalmente con un individuo o grupo de individuos, usted compartirá las claves públicas de sus códigos de acceso al permiso de identidad. Podría ocurrir que la mezcla física de las sensaciones genitales llegara a considerarse como un acto menos íntimo que compartir las estructuras de datos de sus autorrepresentaciones más íntimas.

Los resultados psicosociales potenciales de la tecnología moderna de la RV fueron sagazmente anticipados hace treinta años por Marshall McLuhan en *Understanding Media*, que parece tener más sentido en los años 90 que en la época en que fue publicado. Pero los productos colaterales del ciberespacio futuro entran en un territorio que está más allá del horizonte de McLuhan. Con todas esas capas de acceso restringido a las autorrepresentaciones que pueden diferir radicalmente de capa en capa, ¿qué ocurre con el sí mismo? ¿Dónde se sitúa la identidad? ¿Qué nuevos significados adquirirán "intimidad" y "moralidad"? Y con nuestras máquinas informáticas y nuestras sensaciones corporales tan profundamente entreveradas, como podría decir Theodor Nelson, ¿se considerarán nuestros dispositivos de comunicación como "ellos" o serán parte de "nosotros"?

Distorsión de los medios y religiones de misterio en los años 90

"El LSD es una forma de explotar el mundo electrónico invisible; libera a una persona de los hábitos y reacciones visuales y verbales adquiridos, y brinda el potencial de un compromiso instantáneo y total, tanto de unicidad como de univocidad, que son las necesidades básicas de las personas transferidas mediante extensiones eléctricas de sus sistemas nerviosos centrales fuera del antiguo sistema racional de valores secuenciales. La atracción de las drogas alucinógenas es un medio para alcanzar empatía con nuestro ambiente eléctrico penetrante, un ambiente que en sí mismo es una excursión interna sin drogas."

MARSHALL MCLUHAN
De una entrevista en *Playboy*, 1969

La segunda cosa que la mayoría de las personas y todos los periodistas desean saber acerca de la realidad virtual, después de haber satisfecho su curiosidad acerca de la teledildónica, es si la tecnología podría concebirse como una forma de "LSD electrónico". Si uno empieza a formularse esa pregunta, a buscar las razones por las que se plantea tan a menudo, se desenreda un hilo. Siga el hilo y se encontrará serpenteando por las penumbras de los pasajes en el inconsciente colectivo de la cultura blanca industrial. Si usted lo sigue un largo rato, a la manera de Ariadna, terminará de vuelta en Lascaux, en el alba de la RV y de otras herramientas que estimulan el pensamiento.

"¿Se convertirá la realidad virtual en LSD electrónico?", oí la misma pregunta formulada palabra por palabra en cada discusión de panel sobre RV y en las demostraciones públicas a las que asistí en 1989 y 1990. Yo mismo me formulé la pregunta antes de experimentar siquiera el ciberespacio. Es una buena pregunta. Pero no es la *única* pregunta y está lejos de ser la más importante. Ocurre que se pulsó con ello un botón apasionante cultura y político. Empecé a preguntarme por qué el mismo asunto interesante, pero secundario, se mantenía en la superficie y gravitaba directamente hacia el centro, donde había tantas otras preguntas más interesantes para formular. El sexo y las drogas son sensacionales, con seguridad, pero hay más que eso.

Ante todo, no carece de razones esta especulación; es la desproporcionada atención que se le presta, en el contexto del impacto general potencial de la tecnología, lo que revela una neurosis cultural sumergida. No hay duda de que algo acerca de la experiencia hace que la gente note la conexión. Jerry García, guitarrista de The Grateful Dead, orquesta local para los ensayos de ácido lisérgico en los años 60, hizo un viaje en la realidad virtual en Autodesk en 1989. Según dicen, expresó: "Hicieron ilegal el ácido lisérgico. Me pregunto qué van a hacer con este asunto". En verdad, los arquitectos del ciberespacio

en Autodesk, una compañía de apariencia triste que parece más dedicada al CAD que a la revolución cultural, eligió a Timothy Leary para narrar su primer video presentando su investigación. Yo entrevisté tanto a García como a Leary con respecto a la RV, y ambos estuvieron de acuerdo en que sus primeras excursiones por el ciberespacio les hicieron recordar, de un modo abstracto, sus primeras aventuras psicodélicas, y que una máquina que puede cambiar su visión del mundo es similar a algo como el LSD en esa sola dimensión, pero no en todas las dimensiones significativas. Descubrí que tanto García como Leary tenían mucho más que decir acerca de muchas otras cosas; me pareció igualmente interesante que García quisiera interpretar conciertos virtuales en el ciberespacio, donde el auditorio pudiera participar en la ejecución, y que Leary llamara la atención sobre la revolución en "computación interpersonal" que daba a la RV un significado cultural importante.

El interés de los medios por el tema me arrastró a la trama, pero no se convirtió en parte de la historia que yo trataba de redactar hasta enero de 1990, cuando el *Wall Street Journal* publicó un artículo en primera plana sobre la tecnología de la realidad virtual con el subtítulo: "¿LSD electrónico?".

El periodista del *Wall Street Journal* jugaba con las posibilidades de las realidades virtuales extáticas futuras (y no mencionaba que la tecnología se usaba hoy en día para programar terapia de radiación para pacientes con cáncer). Unos días más tarde, recibí una llamada del primero de los varios periodistas en el mundo que estaban rastreando historias sobre "realidad virtual y otras máquinas que hacen exaltarse a la gente". Entre aquellos que desean enchufarse y los que quieren erradicarla, el nivel de interés por la RV como máquina de éxtasis es casi tan grande como lo es por la teledildónica. Resulta irónico, pero tanto el sexo como la psicodelia son posibilidades mucho más distantes que otras que son menos picantes pero igualmente profundas, como aumentar la capacidad de los tetrapléjicos, de los bomberos, de los médicos o de los programadores de tratamiento por radiación.

No hay duda de que el potencial para el trance, la embriaguez, el éxtasis y el control mental es inherente a cualquier tecnología que afecte fuertemente las percepciones humanas. Eso no significa, sin embargo, que sea una tarea fácil crear una Eleusis electrónica o un lavador de cerebros digital. Técnicamente hablando, podemos estar más cerca del sexo a distancia que de un viaje cibernético. Pero tengo la sensación de que la más excitante de las variadas especulaciones sobre la RV seguirá atrayendo la atención de la prensa con un poder semiótico irresistible. Timothy Leary y la LSD en 1990 no representaban tanto a una persona o a una sustancia que alteraba la mente, sino a signos y a símbolos, cargados de valores, de todo lo que es temido en el subconsciente nacional.

Es extraño, pero pocos manifiestan lo que me parece a mí un miedo mucho más creíble, y es que la RV pueda llegar a ser una adicción, destructiva, embotadora como la *televisión*, la "droga de enchufe" que requiere que el abusador norteamericano medio la consuma durante más de siete horas por día, para

provecho de aquellos que ganaron la batalla del control de acceso. Periodistas y comentaristas, incluido yo mismo, no pueden apartarse de la frase "LSD electrónico". Esa expresión tiene un poder mágico picante.

Seguramente se puede encontrar sexo, drogas y aun rock and roll en el futuro de la tecnología de la RV. Lo mismo puede haberse dicho de la imprenta. Es importante no ignorar los cambios disparados por la tecnología en nuestra cultura porque implican modernos tabúes sociales; es importante también no obsesionarse con esos cambios. Después de acercarse a un panorama atractivo pero menos que inmediato, es necesario ampliar el enfoque de uno.

El problema es el éxtasis y cómo manejarlo.

Estados Unidos tiene en los años 90 un problema con el éxtasis en su sentido original de *ex-tasis*, de salir de la rutina diaria por un momento, trascendiendo los pormenores terrenales de la mortalidad, descartando nuestra conciencia que despierta, para tomar contacto directo con lo sobrenatural. A diferencia de los jíbaros de la Amazonia, de los antiguos griegos en Eleusis, nosotros los urbanitas posindustriales no tenemos un método socialmente sancionado de dejar de lado nuestra conciencia cotidiana y saciar nuestra sed de experiencia directa del *mysterium tremendum et fascinans*. A diferencia de la mayoría de los adultos de los pasados 100.000 años, nunca fuimos iniciados en el miedo, el temblor y la alegría. Nunca hemos llegado a conocer nuestro propio nacimiento, ni hemos aprendido nuestra vinculación con la muerte. La ilusión del sí mismo nunca fue demostrada en un mito, una canción, una danza, un canto y una confrontación directa. No nos susurraron viejas historias instructivas en los momentos de espanto y terror. Nos arrasó una hiperrealidad digitalizada que no pertenece a nuestro quehacer. Y ahora sufrimos de una manera que muchos no comprenden.

No es una historia nueva, esta guerra entre la religión del cielo y la religión de la tierra, las civilizaciones apolínea y dionisíaca, los guerreros y herreros contra los curanderos y los herboristas. Pero Estados Unidos, en los años 90, ha llegado a un nuevo límite de doble lenguaje, desinformación, confusión, represión y lo que es más, negación. Nosotros negamos tantas cosas con tanta fuerza que muchos estamos más dispuestos a perder nuestra realidad que a enfrentarla.

Nuestro problema cultural con el éxtasis está complicado con nuestra negación cultural del problema. Como los abusadores de la sustancia que no ven su propio comportamiento y niegan el que todos conocen, nuestras instituciones oficiales conducen "una guerra contra las drogas", pero nunca se detienen para preguntar por qué la gente quiere estar exaltada. Nos preocupan las razones por las que los juegos electrónicos atraen hipnóticamente a nuestra juventud; al mismo tiempo, nuestra infraestructura educacional se desmorona; y salvo por algunos cruzados, pocos se detienen a preguntar si podría ser divertido aprender otra clase de conocimientos. El uso de las sustancias vegetales por el pueblo indígena en este continente ha sido casi exterminado. Sin embargo, el alcohol mata medio millón de personas al año y, mientras los asistentes a las

iglesias convencionales disminuyen de forma constante, las poblaciones de fundamentalistas y recién llegados que sólo comparten una sanción de experiencia religiosa directa sufren un crecimiento sin precedentes.

La experiencia de la RV rompe el marco de la realidad cotidiana, aunque hasta ahora no catapulta al usuario a una experiencia profundamente diferente que pueda ser catalizada por sustancias químicas psicodélicas. Pero esa rotura del marco, y ese vasto potencial para una experiencia simbólica y, como la llama Jaron Lanier, postsimbólica, representada por sistemas de RV primitivos de hoy, equivale a la posibilidad de que algún día, de alguna manera, las personas usen el ciberespacio para escapar de sus mentes así como de sus cuerpos.

¿Es eso una idea tan mala? Tal vez, en la sociedad industrial occidental, no sea el impulso de entregarse a los estimulantes, sino los propios estimulantes y el contexto en el cual se consumen constituyan el problema. Mirar la cuestión del éxtasis electrónico desde otro punto de vista es otro experimento mental instructivo: si las personas inspiradas y con talento son capacitadas por la visión y el deseo de hacerlo, la realidad virtual *podría* transformarse en la primera forma cabal, integradora, no patológica de éxtasis, capaz de liberar de una manera segura las energías dionisíacas largamente reprimidas de nuestra civilización fuertemente apolínea. Una respuesta a la pregunta de "LSD electrónico" es por lo tanto: "Sí, la RV podría llegar a ser una llave que abriera las puertas de la percepción, pero solamente si alguien tuviera la gracia y el buen sentido de diseñarla convenientemente".

¿Qué ocurrirá con la economía de ambos sustitutos del éxtasis sancionados y proscritos cuando un facsímil electrónico razonable llegue por un tubo de fibra óptica con su selección de video de todas las noches? Esto origina problemas en los mundos en los que el suministro, la demanda y la ganancia son importantes. Es útil usar el sexo y el éxtasis, dos temas muy cargados, como un modo de ver los posibles efectos que produce la RV en el modo de vivir y de pensar de la gente. Pero no son ésas las implicaciones importantes de la tecnología de la RV de las que hay que preocuparse. No, mientras se prosiga a todo vapor con el desarrollo militar de las armas letales pilotadas a distancia. La aplicación de la telerrobótica a las armas ha sido un tema de interés constante en varias dependencias militares. Para confundir más aún las cosas, los que están procurando usar la telepresencia para salvar vidas se benefician directamente de los conocimientos acumulados por los investigadores militares de las teleoperaciones.

Contienda virtual, telenanorrobótica e investigación de teleoperadores

"Los sistemas de teleoperadores antropomórficos tienen ventajas especiales y son sobre todo adecuados para cierta clase de trabajos, como las ta-

reas de reparación bajo el agua, en las que la índole precisa del trabajo no se puede anticipar. El sentido de presencia remota que uno experimenta en la estación de operador del 'hombre verde' es muy fuerte y no hay necesidad de que el operador piense en cómo debe trasladar sus movimientos a los movimientos en el lugar remoto de trabajo."

WILLIAM R. UTTAL
Teleoperators, 1989

Decidí detenerme en Honolulú al volver de Japón, para ver si podía echar una mirada al "hombre verde". Se dice que reside a barlovento de Oahu, a un tiro de granada de una laguna donde los delfines practican misiones de demolición bajo agua. El telerrobot antropomórfico de la Armada de Estados Unidos —llamado el "hombre verde" aunque tiene el color del aluminio pulido y el acero inoxidable— no estaba en la residencia, lamentablemente; asistía a una conferencia en Utah, cuando yo estuve en Hawai, pero pude echar una mirada de cerca a un jeep que tenía cámaras de televisión binoculares y brazos de robot en el sitio de un conductor humano. Detrás del robot conductor del Vehículo de Tierra Teleoperado, y conectado con él, había una enorme bobina de cable de fibra óptica que podía ser extendido por encima del panorama hasta 300 kilómetros de una sola vez. En el otro extremo del cable, en un furgón de control, está el conductor humano, que ve una versión estereoscópica de todo lo que ve el robot, que mueve las cámaras del robot girando su propio cuello y que, supuestamente, controla el disparador de una ametralladora de 50 milímetros instalado delante de la bobina del cable óptico. Yo estaba enterado del rol que desempeñaba la Fuerza Aérea en el desarrollo de los displays de cabeza para los pilotos de los jets, y sabía que el interés de la Armada por los vehículos teleoperados se remontaba a la época en que se les había pedido recuperar las cabezas termonucleares que, por accidente, se habían caído de un B-52. En Seattle, había visto uno de los nodos del SIMNET, el simulador de juego de una guerra mundial. Pero no hay nada como una ametralladora de calibre 50 y un robot conductor para llevar a casa las implicaciones de teleoperaciones militares.

Como muchos otros aspectos de la tecnología informática, las necesidades militares y las investigaciones auspiciadas por el Departamento de Defensa eran las fuerzas motrices más poderosas en el desarrollo de la tecnología de los teleoperadores. Durlach, en el MIT, está interesado en probar los límites de la naturaleza humana. Tachi, en Tsukuba, Leifer, en Stanford, Hennequin, en Londres, procuran diseñar sistemas de teleoperadores para los discapacitados. Robert Stone, en Manchester, quiere construir un bombero teleoperado. Pero el primer dinero de investigación serio empezó a espolear el desarrollo de los teleoperadores cuando un par de misiles termonucleares se hundieron en una profunda fosa submarina. Los investigadores en la Armada estadouni-

dense empezaron de inmediato un trabajo en un programa intensivo bien financiado y bien equipado, para desarrollar un medio que dirigiera a un robot submarino hacia abajo para enganchar con un cable esos misiles. Y si uno trata de usar el brazo de un robot teleoperado para sostener una llave y desmantelar el detonador de un arma termonuclear en el fondo del océano, será una ayuda percibir las herramientas. De aquí viene la reputación internacional del NOSC (Centro de los Sistemas Oceánicos Navales) en Hawai como semillero de investigación avanzada de teleoperadores.

En la conferencia de Santa Bárbara sobre interfaces humanas para teleoperadores, el doctor Walter Aviles exhibió un divertido video sobre el vehículo ambulante del NOSC. No había ametralladora, pero había un robot con las cámaras binoculares en el asiento del conductor. Aparentemente, el operador, que usaba un HMD muy perfeccionado en el laboratorio del NOSC, había maniobrado el vehículo hasta el borde de la propiedad del NOSC. Una mujer que estaba haciendo *jogging* por un camino adyacente al de la zona de prueba de los vehículos robots, y que evidentemente no estaba al tanto de esa investigación secreta, tuvo una reacción y volvió a mirar al conductor robot. El operador, que hablaba por micrófono a un kilómetro de allí, pidió a la mujer que se acercara un poco; ella se detuvo y se acercó, con precaución. El operador explicó que estaba a un kilómetro de allí, dentro de un edificio. La anónima mujer miró al robot, sacudió la cabeza escépticamente y siguió andando.

Cuando estuve en Japón, Susumu Tachi me habló elogiosamente del NOSC, de modo que cambié mi itinerario para permanecer 24 horas en Oahu en mi vuelo de regreso. Con un intercambio de faxes se arregló una fecha para que me escoltara por las instalaciones el doctor Hugh Spain, quien me advirtió que eran "instalaciones de investigación militares resguardadas". Llegué de noche. Al día siguiente, conduje mi coche alquilado por unas montañas que tienen el aspecto que se supone debe tener exactamente Hawai, verde y primaveral. La laguna próxima a los edificios del NOSC hubiera sido un paraíso para el buceo si no fuera archisecreta. Tan cerca de Pearl Harbor hay mucho rigor, cuando se trata de seguridad militar en general. Las aplicaciones militares de la investigación del NOSC crean aún más conciencia en cuanto al problema de seguridad. Puesto que todos deben parar para verificar las credenciales a la entrada de la base, hay que esperar un poquito. Después de ver mi pasaporte, encontrarme en la lista y llamar al doctor Spain, me dieron instrucciones. Recuerdo el camino con mucha claridad, porque a fin de llegar a la zona adyacente a la laguna, donde está ubicado el NOSC, yo tenía que esperar que cambiara una señal de tránsito, en el borde de una pista de aterrizaje. El sonido de dos F-15 que despegaban al mismo tiempo, a 30 metros delante de uno y a tres metros encima de la cabeza, es una experiencia acústica seria. Un par de minutos después de que despegaran, volví a mis cabales y crucé con el coche la pista.

Por desgracia, el "hombre verde" completo estaba en Salt Lake City en ese momento, donde el doctor Aviles estaba conferenciando con el equipo del

doctor Jacobson, en la Universidad de Utah, la gente que había creado el Brazo de Utah, el brazo artificial más avanzado diseñado como prótesis. Nuevamente, había una conexión fatal entre prótesis y armas: se puede hacer fuertes a las personas débiles y hacer aniquiladores a los fuertes usando telepresencia para poner las capacidades cognitivas y perceptivas en el casco de un robot. Si el robot maneja un cuchillo o un escalpelo es un asunto de intención humana, no de capacidad mecánica. El hombre verde es tan antropomórfico en sus movimientos, aunque no en su apariencia, como puede lograrlo la ingeniería corriente. Las tomas que se han filmado con él en funcionamiento son fantasmagóricas. El operador se coloca un casco HMD y lleva unos arreos que encierran los brazos, las manos y los dedos formando un dermatoesqueleto liviano. Como una cobra que baila para un encantador de serpientes, el hombre verde repite, con una precisión extraordinaria y casi instantánea, cada movimiento del operador. Uno sabe que es una máquina, pero se mueve como se supone que lo hacen los humanos. Yo vi el laboratorio, probé el HMD, pero el teleoperador no estaba allí.

—Evaluación de la ejecución de telepresencia —es lo que me dijo Spain, cuando le pregunté sobre su propia especialidad—. Queremos colocar los cimientos para el futuro diseño de los sistemas teleoperativos.

—¿Qué clase de tareas pueden realizar sus sistemas con las capacidades actuales? —le pregunté.

—Pueden atornillar una tuerca número diez sobre un perno, enroscar una bombilla, sacar el queso de una trampa para ratones, clavar un clavo, hacer rebotar una pelota de tenis en la raqueta —contestó.

Más tarde me mostró un video de teleoperadores que realizaban todas esas tareas, que son fáciles para los humanos, no son fáciles para las máquinas y algo intermedio para los teleoperadores.

Agradable y hospitalario, vestido con ropa civil informal hawaiana corriente, Spain hizo pocas referencias a las aplicaciones militares, aunque éstas eran evidentes. Fuimos a otro edificio donde me coloqué un HMD y operé un brazo de robot en una tarea común de tablero de herramientas. Estos tableros son como patrones de prueba para los teleoperadores; vi un montaje casi idéntico en las instalaciones de la Comisión de Energía Atómica Británica en Didcot. En el camino que nos llevaba al lugar donde estaban los aparejos del teleoperador, Spain y yo pasamos por una cadena tipo quonset en la que vi el vehículo teleoperado. La idea de una contienda RV toma diferentes significados cuando se mira la boca de una ametralladora en un asiento de pasajeros. Spain vio que yo la miraba.

—Las armas semiautónomas son un campo políticamente sensible —dijo él.

Aun con el "semi" delante, la idea de "armas autónomas" —"roboguerreros"— podría convertirse en verdad en una etapa caliente políticamente, si suficientes personas supieran servirse de ellas. Consideré que el doctor Spain estaba sinceramente dedicado a promover la tecnología de los teleoperadores, como Tachi y otros, y sus publicaciones eran contribuciones de peso a la lite-

ratura científica. Realmente parece un hombre cabal. Y he oído decir a otros que desarrollan sistemas de armas de alta tecnología que fue precisamente esa superioridad tecnológica la que convenció a la Unión Soviética para que hiciera significativas reducciones en las armas. El vehículo ametralladora teleoperado me provocó, sin embargo, escalofríos.

Contemplando la versión del vehículo de propósitos múltiples de alta movilidad equipado con teleoperadores, recordé algo que había visto unos meses antes: SIMNET. Mientras estaba en Seattle, visitando el laboratorio HIT, una de las personas que llamó al laboratorio en construcción de Furness para averiguar sobre empleos era un programador de gráfica de la rama de Seattle de Bolt, Beranek y Newman (BB&N). Trabajaba en algo llamado SIMNET para los militares. BB&N estaba comprometido con el invento de las primeras redes de computadoras y sigue siendo uno de los contratistas de la DARPA más avanzados; decidí hacerles una visita y echar un vistazo al estado de la simulación militar. Lo que vi fue impresionante en esa época, serio en sus implicaciones, pero empezaba a tener un nuevo sentido cuando vi ese coche ametralladora robot en el NOSC y cuando averigüé acerca del Juego Final y el videojuego del guión de la contienda.

SIMNET es un proyecto financiado por la Defense Advanced Research Projects Agency que incluye más de 200 simuladores de tanques, ubicados en Alemania, Washington, D. C., Fort Knox, Kentucky y algunos otros lugares. Aunque están dispersos geográficamente sobre el planeta, esos simuladores, conectados por telecomunicación, interactúan con el mismo campo de batalla virtual en tiempo real. Usando las líneas de comunicación de mayor velocidad de MILNET, la rama militar contemporánea del ARPAnet original, y sus simuladores de cuatro personas, hacen posible conducir todo un juego de guerra en el ciberespacio. Los simuladores de tanques se parecen y se perciben como los interiores de los tanques M-1, y a través de los visores se ve lo que la tripulación del tanque vería de una batalla, haciendo la salvedad de que el campo de batalla es una simulación de computadora de alta resolución. La base de datos del terreno de la simulación que yo vi representaba la zona alrededor de Fort Knox donde a veces se realizan simulacros de batallas con tanques. Probablemente han cargado, en otras oportunidades, la base de datos para batallas del Oriente Medio u otros sitios posibles de contiendas armadas. Los otros tanques que son visibles durante una sesión de SIMNET son controlados por otras tripulaciones de tanque que pueden estar a cuatro metros o a medio mundo de distancia, en tiempo real. La vista del campo de batalla cambia a medida que se mueve el tanque, en tiempo real.

Si un equipo enemigo apunta con precisión y dispara en el momento justo, y si la tripulación del tanque en el extremo receptor del misil o del casco no logra evadirse, el tanque blanco queda fuera de combate. En ese combate pueden intervenir también otros participantes, principalmente helicópteros destructores de tanques y bombarderos de alta velocidad, desde diferentes simuladores. Considerando el alto costo de entrenar soldados en juegos de gue-

rra físicos, y el decreciente costo de la fuerza de computación, SIMNET es una opción económica. Y, como los ciberpilotos de prueba de Furness, los miembros del equipo de tanques fueron a ese experimento de entrenamiento con un desenfrenado entusiasmo. Además de jugar contra centenares de otros equipos en tiempo real, un solo equipo puede jugar contra "fuerzas oponentes semiautomáticas". Serán juegos de video para guerreros reales.

Los juegos de guerra en el ciberespacio usan seguramente menos petróleo y crean menos condiciones de accidentes fatales. Podría no ser del todo una mala idea. La idea se vuelve algo inquietante cuando se oye hablar acerca del Juego Final. Oí hablar por primera vez sobre el asunto a un individuo que conocí sobre la red y que me contó una historia de ciencia ficción que había tenido implicaciones muy serias, de tal modo que la OTAN hasta organizó un taller para discutir cómo prevenir que ese guión ocurriera. El Instituto para la simulación y el entrenamiento (IST) en la Universidad de Florida Central es el único centro académico de SIMNET. Finalmente me encontré con J. Michael Moshell, de la IST, cara a cara, en la primera conferencia sobre ciberespacio en Austin. Cuando mencioné a Moshell lo que había atisbado en SIMNET, él me contó el argumento de la novela de ciencia ficción de Orson Scott Card: supongamos que usted esté adiestrando un equipo brillante en una instalación similar a SIMNET para usar armas modernas virtuales con el fin de destruir una civilización entera. Y supongamos que, durante uno de esos "ejercicios de entrenamiento", las armas simuladas en el otro extremo del video manejado por los genios de la guerra se cambian en secreto por armas reales.

Las armas de destrucción masiva, por desgracia, no se pueden distinguir tecnológicamente de las herramientas para salvar vidas: un vehículo pilotado a distancia puede entrar en un edificio y salvar a sus habitantes del fuego con la misma facilidad con la que puede matarlos. El problema no consiste en si esa investigación se puede prevenir, sino en si habrá controles sobre el desarrollo militar de la telepresencia, del modo que hay por lo menos algunos intentos de controlar la proliferación de las armas nucleares, la investigación y despliegue de armas químicas y biológicas, y de otras tecnologías que no debieran volverse contra los seres humanos. Ciertamente, el grado de automatización del estado bélico es de por sí un campo minado político y público. Sería irónico que la aprensión pública sobre la posibilidad de la teledildónica o el LSD electrónico fuera a dominar el debate sobre la tecnología de la RV, mientras quedara sin discutirse el desarrollo de sistemas de armas semiautónomas, mucho más peligrosas y más probables.

El uso creciente de la robótica en la fabricación tiene la fuerza de llevar las teleoperaciones de investigación y desarrollo al sector comercial, partiendo de la investigación militar y extendiéndola a aplicaciones civiles. La investigación científica es, ciertamente, una de las extensiones más activas de la tecnología de los teleoperadores, cuando el teleoperador está vinculado con sensores en los ambientes que son hostiles o inaccesibles a los humanos. La marca de "viaje fantástico" de los guiones médicos, como el citado por Thomas

Furness, es una orientación posible en la que los vehículos teleoperados pudieran volcarse en beneficio de la humanidad. Aunque no los conocí, me enteré de dos grupos que trabajan actualmente en las tecnologías necesarias para construir microrrobots teleoperados capaces de nadar por la corriente sanguínea humana y realizar cirugía interna. Yotaro Hatamura y Hiroshi Miroshita, en su informe "Sistema de acoplamiento directo entre el mundo del manómetro y el mundo humano", hablan del uso de los dispositivos más poderosos para sondear el mundo de lo muy diminuto, el microscopio electrónico de barrido, como fuente de imágenes de estéreo de un mundo submicroscópico que también es sondeado por sensores de fuerza muy sensibles. Si este sistema puede desarrollarse más allá de los prototipos de hoy, algún día se podrían construir robots microscópicos capaces de navegar por los vasos sanguíneos.

Los telenanorrobots ("nano" es el prefijo usado para magnitudes de nivel molecular, donde "micro" corresponde a una magnitud mayor, de nivel celular) pueden usarse como sondas para científicos puros. Un equipo de la IBM en Yorktown Heights logró conectar un microscopio de exploración en túnel con un teleoperador y un disco de realimentación de fuerza que permite al operador seguir la superficie de los átomos con las yemas de los dedos. El equipo de IBM publicó un informe en 1990 con el título de "Hacia un sistema de manipulación telenanorrobótica con realimentación de fuerza en escala atómica y resolución de movimiento". Las posibles revoluciones que pudieran arrancar de las nuevas tecnologías en el nivel micro y nano están más allá del alcance de este libro; sin embargo, cuando florezcan la microrrobótica y la nanorrobótica, y si lo hacen, la teleoperación jugará un papel importante. Es una convergencia en marcha.

La RV de la fuerza industrial: telepresencia en las fábricas

"Charley, creo que la mezcla en el tanque 6 se está enfriando demasiado rápido."
"Entonces mete la mano y averigua cómo está."

Supervisores de telepresencia
en una planta química futura

Las computadoras pueden ser maravillosos amplificadores de la capacidad humana, la computerización puede ser el Krisna o Visnú aislante del alma de la alienación. ¿Es la realidad virtual la forma última de la alienación o se puede usar para disminuir algo de la alienación que ya se ha instalado como resultado de la computerización? Consideremos casos en que la *índole de la interfaz de la computadora*, no el uso de la propia computadora, haya desvia-

do a la gente de la índole verdadera de su trabajo. No se trata de detener la computerización universal. Pero la forma en la que tratamos con la membrana computacional que nos rodea no está enteramente fuera del control humano. Las ventajas económicas de la computerización asegurarán la continua introducción de sistemas intervenidos o controlados por computadoras en el lugar de trabajo. Los efectos alienantes de la interfaz —el lugar en que la gente toma contacto con sus tareas— es un área de importancia tanto humana como económica donde el ciberespacio podría, aunque parezca paradójico, impulsar a la gente a que entre en un contacto más directo con su trabajo.

La industria —la coordinación de materia, energía y esfuerzo humano en la producción de diez mil objetos y energías que parecen vitales para la vida moderna— es un campo en que la aplicación de un ciberespacio adecuado podría tener una gran influencia. Y las herramientas tienden a evolucionar con mucha rapidez cuando se descubre que influyen en proyectos competitivos y costosos. El diseño —que se podría considerar como "la delantera" del sistema industrial— es una disciplina en la cual la inmersión visual tridimensional, la telepresencia y la capacidad de manipular bases de datos de diseños reales extendiendo la mano y tocando objetos virtuales, podría producir suficientes ventajas competitivas para conducir la realidad virtual como una interfaz de CAD. Hay zonas en "el extremo posterior" de la producción industrial, la parte del metal fundido y de la química cáustica, donde se pueden encontrar puntos similares de apoyo.

El control de los procesos industriales, por ejemplo, es un campo poco rico pero económicamente vital en el cual la introducción de las computadoras ha tenido efectos extraños, y en el cual una interfaz de realidad virtual tiene un alto rédito potencial.

El control de procesos es algo intermedio entre una ciencia y un arte, que implica una danza delicada, vital y a menudo peligrosa entre humanos y máquinas. Aunque los que no están comprometidos con el control de procesos no presten mucha atención a la forma en que se maneja, los resultados son esenciales para muchas partes de la vida cotidiana, desde las laminadoras que producen el papel de nuestros diarios hasta las refinerías de petróleo que alimentan nuestros automotores y las fundiciones que producen el acero para las autopistas por las que viajamos, los edificios en los que entramos, los puentes que cruzamos. El control de procesos es ejecutado por expertos que sintieron el calor de los hornos de fundición en la cara, miraron el color del líquido en los tanques, metieron la mano y tomaron un puñado de pulpa de madera y lo estrujaron entre sus dedos. Durante los últimos veinte años, sin embargo, toda industria importante en la cual el control de los procesos es de interés principal ha pasado a sistemas automatizados, controlados por computadora. Y esto ha sacado a los humanos del contacto sensorio directo, los ha privado de su capacidad para interactuar directamente con el proceso.

En su libro *In the Age of the Smart Machine: The Future of Work and Power*, la socióloga Shoshana Zuboff, formada en Harvard, investigó cómo la in-

troducción de las computadoras modificó el trabajo de las personas en las fábricas y oficinas. En el caso del control de procesos, Zuboff descubrió una alienación perturbadora. Operarios hábiles que habían estado afinando procesos industriales durante décadas, se encontraron en una situación en que su antigua pericia resultaba inútil, y la índole de su interfaz para el proceso los obligaba a aprender habilidades que no les eran familiares. En cierta manera, parece como que los sentidos humanos y la intuición son mejores para verificar un proceso complejo que un control muy abstracto de computadora, que saca a los seres humanos de la fábrica y los coloca en cabinas de control, mirando pantallas. Zuboff entrevistó a operarios diestros que atendían laminadoras de papel, y que estaban pasando a un sistema computerizado.

Zuboff consideró un modelo más grande, tomando a los que trabajaban con información y servicios, así como a aquellos que trabajaban con procesos industriales; se trataba de la aparición de un conjunto de nuevas habilidades no planeadas, requeridas de los operarios en lo que la autora llamaba un "ambiente informatizado". Ella escribió lo siguiente sobre las laminadoras que estudió:

> *"La característica fundamental de esa transformación tecnológica, cómo la experimentan los operarios y la observan los gerentes, implica una reorientación de los medios con los cuales se puede tener un efecto palpable sobre el mundo. Las reacciones físicas inmediatas deben ser reemplazadas por un proceso de pensamiento abstracto en el cual se consideran opciones, se hacen cosas y se traducen en términos de un sistema de información. Para muchos la acción física se restringe a tocar con los dedos el teclado terminal. como dijo un operador, 'su movilidad física pasada debe ser traducida en un proceso mental'. Un gerente de Cedar Bluff, con experiencia anterior en fabricación de papel, contempla las distintas capacidades que se volvieron necesarias en un ambiente muy computerizado:*
>
> *"'En 1953 localizábamos la operación y el control tan cerca como era posible. Localizamos muchos puntos, de modo que cuando se hacía un cambio se podía observar ese cambio, ver prácticamente cómo arrancaba el motor. Con la evolución de la tecnología informática se centralizan los controles y uno se aleja del proceso físico efectivo. Si no se entiende qué es lo que está ocurriendo y cómo interactúan las piezas, es más difícil. Se necesita una nueva facultad de aprendizaje, porque cuando se opera con la computadora no se puede ver lo que ocurre. Hay una diferencia en la capacidad mental y conceptual que se necesita; hay que hacer cosas con la mente.'"*

Zuboff señaló que hay una importante diferencia entre el conocimiento de "causa y efecto" que parecen tener los operadores experimentados y el conocimiento requerido cuando está instalado el sistema de computadoras:

> *"En plantas como Piney Wood y Tiger Creek, donde los operadores confían en la habilidad centrada en la acción, la gerencia debe convencer al*

operador de que abandone un mundo en el cual las cosas se conocían de forma inmediata, se percibían en conjunto y sobre las cuales se podía actuar directamente, a fin de ingresar en un mundo que está dominado por datos objetivos, que está apartado del contexto de la acción y que requiere una respuesta cualitativamente diferente. En ese mundo nuevo, cuentan poco las interpretaciones personales de cómo hacer para que las cosas ocurran. El trabajador que ha confiado en un conocimiento íntimo de una pieza de su equipo —los operadores hablan de tener botones 'favoritos' o saber exactamente dónde patear una máquina para hacerla andar— se sienten a la deriva."

Zuboff observó que se requería un nuevo tipo de aprendizaje cuando se sometían esas fábricas de pulpa de madera a control por computadora, un aprendizaje en el que "martillos y llaves habían sido reemplazados por números y botones". Como ejemplo directo de esa clase de descarnadura vocacional, Zuboff citó un fragmento de su entrevista con un operador con treinta años de servicio en la planta de Piney Wood:

> *"En cualquier momento que uno aprieta un botón debe tener presente con exactitud qué va a ocurrir. Uno tiene que tener en la mente dónde está eso, qué es lo que hace y por qué lo hace. Ahí fuera, en la planta, uno puede saber las cosas simplemente por hábito. Puede conocerlas sin saber que las conoce. Aquí dentro tiene que observar los números, mientras que ahí fuera tiene que observar el proceso real."*

"Uno tiene que tener en la mente dónde está eso", es una simple frase, pero es engañosa. Lo que implica tener las cosas "en la mente" es muy diferente del conocimiento asociado con la pericia centrada en la acción.

Esto no implica que las habilidades centradas en la acción existan independientemente de la actividad cognitiva. Más bien, significa que los procesos de aprendizaje, memorización y despliegue de habilidades centrados en la acción no requieren necesariamente que el conocimiento que puedan contener se haga explícito. Los indicios físicos no requieren ingerencia; aprender en un contexto centrado en la acción es más bien analógico que analítico. Por contraste, los indicios abstractos disponibles a través de la interfaz de datos sí requieren un razonamiento inferencial explícito, sobre todo en las primeras fases del proceso de aprendizaje. Es necesario razonar sobre el significado de esos indicios; ¿cuál es su relación mutua y con el mundo "de ahí fuera"?

Devolver la movilidad y el uso del cuerpo, las manos, la piel, el sistema visual, los oídos y todos los canales de información a nuestros procesadores biológicos podría tener un efecto humanizante en los operadores informatizados en las plantas químicas y las acerías desde Yakarta hasta Chicago, que han sido desplazados de la fábrica automatizada a una sala de control que trabaja con una computadora. Queda por ver si un modelo útil de un proceso verda-

deramente complejo como la refinación del petróleo podría crearse y probarse en el ciberespacio y si se podrían construir esas líneas de avanzada de RV para los sistemas de control del proceso; queda por ver si éste es un paso para hacer que las industrias se vuelvan más centradas en lo humano, o bien otro paso hacia la robotización de la raza humana. Los beneficios, sin embargo, son bastante grandes para hacer que sea probable que alguien lo considere.

Cuando estuve en Londres para encontrarme con la gente de Spitting Image, visité a Kees van der Heijden, un planificador estratega en el Shell Centre, un edificio poco llamativo, hasta algo deslucido, cruzando el Támesis desde el edificio del Parlamento, que aloja una corporación de 100.000 millones de dólares por año. Él estaba interesado en particular en la idea de combinar un paseo arquitectónico con una especie de simulación primitiva de control de procesos. "Gastamos un montón de dinero construyendo modelos de una refinería antes de invertir 500 millones de dólares en ello. Si pudiéramos construir con computadoras modelos que nos den una mejor visión del proyecto de las instalaciones, a un costo menor que los modelos mecánicos que construimos ahora, seguramente estaríamos interesados", dijo van der Heijden. También mencionó algo más, que yo había oído en nuestra red de comunicaciones: que Bechtel, la gente que construyó la presa Hoover, los primeros reactores nucleares y el puerto de Jubail, están investigando activamente la RV. Compañías tan grandes ya han invertido importantes sumas de dinero en computación. Si una inversión inicial relativamente costosa puede permitir a esa gente sumergirse en computadoras sumamente caras que ya poseen y volver con mejores decisiones, entonces esas compañías que pueden permitirse confeccionar su propio hardware y software podrían llevar la RV hacia adelante hasta su culminación.

La industria depende de la tecnología, pero está impulsada por las finanzas, y ese hecho me llevó a considerar otra idea que parece esotérica y futurista hoy en día, pero que podría transformar el mundo más rápidamente de lo que uno pudiera sospechar: la *visualización financiera*, que es el uso de sistemas de RV conjuntamente con modelos económicos e información en tiempo real sobre transacciones financieras como un modo de tratar la economía mundial, cada vez más compleja.

La RV y la economía de la información mundial

"Un operador de teletipo debe vigilar un centenar de pequeños detalles de método y de maquinaria, pero el proceso pronto se vuelve semiautomático. El dinero se mueve en ciclos, pulsando entre gotas y torrentes mientras que los turnos cambian y los bancos abren en todo el mundo; en las horas punta hacen falta dos operadores rápidos para evitar que el papel que llega tape a las máquinas receptoras y una docena más para retransmitir. La cinta se apila constantemente y serpentea por el suelo, para volver a ser proce-

sada y enviada nuevamente, creando ríos de cinta de papel para los operadores en los otros extremos de las líneas. Cintas y rollos de papel se cambian rápidamente, como las ruedas en una carrera de coches sobre una ruta infinita. Al rato, percibí la sensación de los gigantescos ritmos económicos, sintiendo literalmente el pulso del comercio internacional a través de las puntas de mis dedos."

HOWARD RHEINGOLD
The Ultimate Cashflow, 1976

Sexo, drogas, armas, industria, ciencia, medicina, ¿y qué hay del dinero? Con seguridad, otra clase de ciberespacio se estuvo incubando en el mundo de las finanzas, lejos del mundo de los displays de cabeza y de la visualización tridimensional. Yo he conocido a los primeros comisionistas, comerciantes y vendedores que esperan sumergirse en él directamente, mediante interfaces de RV para datos financieros en tiempo real, tan pronto como esos sistemas estén desarrollados. La relación entre la RV y los grandes dólares está vinculada con la forma en que las tecnologías de comunicación electrónica han cambiado la naturaleza de las finanzas en un nivel fundamental, casi sin que nadie lo notara. La noción de una economía de información mundial ya no es una predicción ni un guión; la mayoría de los economistas estarían de acuerdo en que la base de la riqueza ha cambiado de forma sutil, profunda e irrevocable en las últimas tres décadas, debido a los vínculos crecientes entre las transacciones financieras y la comunicación mundial y los sistemas informáticos. Los sistemas de transacción y los sistemas de representación son otra convergencia o colisión en marcha.

Descubrí por primera vez esa virtualización electrónica del dinero cuando empezaba a tomar impulso, a mediados de 1970. Mis vicisitudes de escritor independiente me llevaron a la sala de telégrafo del Bank of America, conocido entonces como Central Telegraph, en calidad de operador de teletipo, por la tarde. Entreví algo entonces que volvió a obsesionarme cuando empecé a hablar con algunos expertos reales sobre lo que había ocurrido con las riquezas. Escribí para el *San Francisco Chronical* en 1976 lo que sigue acerca de mi trabajo:

"Yo era un operador de teletipo en el Central Telegraph, un cuello de botella humano obsoleto en la interacción financiera de las naciones. Los operadores de teletipo eran reemplazados en el Bank of America por consolas brillantes, llenas de silicio y circuitos, de modo que mis compañeros de trabajo y yo éramos los últimos humanos que movíamos dinero. Para un operador de teletipo de la vieja escuela, el dinero no es ni más ni menos que un mensaje, un mensaje que un banquero manda a otro. Esa parte no ha cambiado, sólo que la tecnología de comunicación es diferente."

Lo que no advertí en aquel momento fue el modo en que el cambio de la tecnología de comunicación pudiera cambiar la índole del juego. Todo el asunto del dinero, mensajes, teletipos y sistemas de comercio automatizados afloraron cuando hablé con Peter Schwartz acerca de la RV y de la estructura financiera mundial. Él y yo habíamos planeado tener esa conversación durante un tiempo; él estaba interesado en lo que yo sabía acerca de la RV, y yo estaba interesado en lo que él sabía acerca del futuro de la economía mundial. Schwartz había sido director del Strategic Environment Center en lo que era entonces el Stanford Research Institute, y que ahora se conoce como SRI International, los primeros futurólogos consultores de éxito en el mundo de los negocios. Él y sus colegas se especializaron en asesorar a los tomadores de decisión de alto nivel a "repercibir" las fuerzas motrices e incertidumbres críticas en el ámbito de sus negocios construyendo "guiones" y experimentos mentales estructurados sobre el futuro de su negocio. Después de dejar el SRI, Schwartz se convirtió en un estratega planificador de alto nivel para Royal Dutch Shell, y de Shell, Schwartz pasó a la Bolsa de Comercio de Londres, que estaba convirtiendo sus operaciones desde un real recinto bursátil físico (en el sitio de un ex restaurante, los corredores de bolsa seguían atendidos por "camareros de peluca" cuando llegó Schwartz). En 1986 ocurrió un suceso que aún se conoce como el "Big Bang": el recinto bursátil desapareció de la noche a la mañana y se mudó a las terminales de decenas de miles de negociantes desparramados en el mundo. La Bolsa de Comercio de Londres (London Stock Exchange) se transformó en la International Stock Exchange, y su principal negocio fue el transporte de información.

Schwartz, un individuo a quien le gusta ironizar y contar algo que es tan cierto como asombroso en el momento de sentarse para charlar, fue descrito como "un cruce entre un hechicero y un barman". Le gusta contar historias sobre el futuro y mostrar, cuando las cuenta, cómo está cambiando el mundo.

—El movimiento de las riquezas a través del sistema de comunicación del mundo ha creado una especie de ciberespacio —observó Schwartz.

En efecto, Schwartz es un entusiasta y un amigo de William Gibson, cuya visión del futuro Schwartz considera "fascinante y siniestra".

—Una cifra impresionante nos cuenta su propia historia acerca del mundo que funciona ahora —dijo Schwartz caldeando un poco su relato—. Las transacciones de divisas internacionales alcanzaron 87 billones en 1986. Esto equivale a 23 veces el producto nacional bruto de Estados Unidos. Es una cantidad varias veces más grande que el producto bruto mundial. Los valores de la moneda corriente ya no están determinados por los volúmenes de comercio ni ninguna de las actividades físicas comúnmente asociadas con las economías industriales. El comercio es sólo un 10 por ciento aproximadamente de esos 87 billones de dólares. El resto está generado por transacciones electrónicas.

Peter Schwartz cree que ese dinero es ahora una especie de mensaje, como

yo lo había sospechado en 1976. Lo que yo no había sospechado en aquel entonces era que el dinero/mensaje achicaría pronto la otra clase y crearía una nueva clase de riqueza que apenas hemos empezado a comprender. Schwartz prosiguió, presionado por mis preguntas sobre cómo se había iniciado ese desarrollo.

—La nueva clase de riqueza —sumas enormes, que se mueven rápidamente y con fluidez, y que se basan en las comunicaciones más que en los metales preciosos, armamentos o producción industrial— evolucionó en los últimos 20 años a causa de varios factores interrelacionados. En primer lugar, los tipos de cambio que determinan los valores relativos de las diversas divisas se soltaron cuando el acuerdo Bretton Woods se disolvió en 1971. El acuerdo que se había establecido en los años 40 había proporcionado un mecanismo relativamente lento para ajustar el tipo de cambio de las divisas. En 1971, el acuerdo se desintegró, las viejas reglas para determinar los valores de las divisas de día en día dejaron de ser válidas y se hizo posible hacer enormes sumas de dinero sin riesgo ninguno moviendo cantidades de dinero aún más grandes pasándolas de una divisa a otra, un proceso que fue facilitado por la comunicación electrónica.

El pasaje de los teletipos a las computadoras de telecomunicación fue un paso clave en ese proceso, y así ocurrió:

—El dinero es un acuerdo. En un nivel fundamental, el acuerdo está en las mentes de todas las personas que usan divisas. Las divisas internacionales son acuerdos más complejos constituidos sobre un acuerdo social y psicológico fundamental, que entraña reglamentaciones internacionales y nacionales, valores de mercado y el modo en el cual las transacciones se consuman. Y el modo en que las transacciones se consuman es por medio de la tecnología de comunicación, que, a su vez, está evolucionando.

Durante los últimos diez años, las salas de comunicación de los principales jugadores en el escenario financiero mundial han cambiado sus teletipos por sistemas de comunicación computerizados. Las computadoras envían impulsos electrónicos codificados a través de los cables de teléfono, líneas con destino determinado, cables de fibra óptica, conexiones de microondas, satélites y otros canales de la infraestructura de comunicaciones mundial crecientemente interconectada. Con este nuevo sistema, los "mensaje-dinero" se entregan a la velocidad de la luz, que es considerablemente más rápida que el proceso de teletipo, que requiere seres humanos que arranquen, doblen, clasifiquen y crucen la sala para entregar los mensajes como llegaron del telégrafo.

—De modo que cuando uno reemplaza las máquinas de teletipo por computadoras, aumenta enormemente la velocidad a la cual los mensajes financieros pueden ser transmitidos y recibidos —señaló Schwartz, cuando comparamos las percepciones sobre dinero como mensajes.

Esa infraestructura tecnológica para incrementar la velocidad de transferencia del dinero quedó instalada al mismo tiempo que fueron posibles las transacciones de divisas internacionales a gran escala, según explicó Schwartz:

—Los cambios en las tecnologías se combinaron con los cambios en los acuerdos humanos para crear una nueva fuerza conductora. La cantidad de opciones, y la complejidad de seguirles la pista, aumentó de pronto, lo que conduce a sistemas de información más poderosos que crean niveles de complejidad más elevados. Como consecuencia de estos factores, el sistema económico mundial y todos los sistemas económicos locales que se conectan con él han cambiado de una forma fundamental, cualitativa. Sólo estamos empezando a comprender la dinámica de ese sistema. No fue diseñado a propósito. Llegó a medida que las instituciones vieron las nuevas oportunidades que los acuerdos internacionales y la tecnología hacían posibles.

Schwartz destacó también que Wall Street y Hollywood eran los principales clientes para las tecnologías futuras de información:

—La industria de servicios financieros mundial es el cliente privado mayor de los servicios y de la tecnología de información. Después de las finanzas viene la industria naciente del entretenimiento universal. Casi la mitad del planeta tiene una edad menor de 20 años y todos ellos no tienen todavía videograbadoras; pronto las tendrán. El apetito por tener entretenimiento grabado parece ilimitado y no está relacionado con los ciclos económicos. Con el advenimiento de nuevas tecnologías como CD, audiotape digital, TV por satélite, TV de alta definición y ordenadores personales de video interactivos, la revolución va tomando velocidad. Las finanzas, el entretenimiento y la educación son el apoyo importante, de gran demanda, y por lo tanto constituyen mercados de gran crecimiento para la tecnología de la información.

Schwartz cree que la RV ingresará en la historia debido a la complejidad de la economía de la información mundial emergente, y sus características universales dinámicas, abstractas y dependientes de la tecnología. Schwartz supo de Engelbart y de las herramientas de la "aumentación" y de la necesidad de encontrar nuevos caminos para tratar la complejidad. Habiendo ayudado a la Bolsa de Comercio de Londres a transformar su recinto bursátil en una red de computadoras, Schwartz está interesado sobre todo en las nuevas tecnologías que aún son marginales pero podrían provocar cambios repentinos en el futuro.

—La RV es exactamente el tipo de cambio importante que yo busco para mis clientes y para satisfacer mi propia curiosidad", observó Schwartz. "Después de descubrirlo, ponerme en contacto con Jaron Lanier y probarlo yo mismo, me di cuenta de que es una extensión de lo que ya hemos experimentado en la evolución de la industria de los ordenadores personales y en esa aparición de una economía de información universal. Los sistemas de comercio con mercaderías y Reuters han desarrollado recintos bursátiles en pantallas. Yo pensé enseguida en un guión en el cual los recintos bursátiles en pantalla son precisamente el primer paso hacia el tráfico por RV.

En otras palabras, los corredores de bolsa y los banqueros y aun los ciudadanos comunes que compran un par de acciones por aquí y por allá, podrían participar eventualmente en algún tipo de videojuego mundial en tiempo real

con consecuencias financieras concretas, igual que los equipos militares de SIMNET juegan un tipo diferente de videojuego con consecuencias igualmente serias.

Conocí a un representante de American Express que también estaba interesado en la idea de la visualización financiera, en la conferencia de Austin sobre ciberespacio. Y en octubre de 1990, un artículo de Andrew Pollack en el *New York Times*, titulado "Llega pronto: datos bajo los cuales puede ver y por los cuales puede pasear", citaba el trabajo del profesor Steven Feiner de la Universidad de Columbia, que trabajaba sobre "Herramientas similares para visualizar la información", que está experimentando con el uso de una DataGlove de la VPL junto con los anteojos electrónicos de obturación para "ingresar en el mundo de la computadora y manipular gráficos tridimensionales". En el mismo artículo del *Times*, se mencionan intentos de financiación de Citicorp para "representar carteras de opciones como estructuras tridimensionales para ayudar a los bolsistas de opciones a ver cómo cambia el valor de una cartera con las variaciones de otros factores".

Schwartz prevé a los agentes de bolsa cibernáuticos del futuro que atraviesan panoramas que son descripciones tridimensionales de mundos mercantiles basados en los sistemas de transacciones electrónicas globales en tiempo real. La habilidad con la cual los programadores de una compañía pueden representar los aspectos clave de un panorama económico cambiante y la pericia con la que los agentes de bolsa de una compañía los aprovechan para tomar decisiones sobre el futuro del mercado hará la diferencia vital de las grandes transacciones financieras. Los lentes mágicos —software patentado para modelar una visualización financiera tridimensional que haga visibles desde temprano los negocios provechosos o arriesgados— serán secretos celosamente guardados.

Arrebatar el anillo de oro en una visualización de mercado podría consumar una transacción en marcos alemanes o petrodólares. Cruzar un bosque, cazar un lagarto y comerlo podría ser la forma en que los corsarios asociados del futuro terminen sus juegos de fusión y absorción.

Es demasiado temprano para decir si será Disney o Penthouse, el Pentágono o Wall Street, Hollywood o Sony, las computadoras o las redes de telecomunicación o alguna coalición no prevista, quien ocupará los nichos dominantes en la ecología de una industria de RV que está madurando. Pero poca duda cabe de que un elemento cada vez más importante de supervivencia en casi todos los escenarios es la capacidad para aprender y adaptarse, para prestar atención al ambiente y a uno mismo, para responder de forma flexible a situaciones complejas e inciertas. Es posible, como me sugirió Peter Schwartz, que la educación sea una industria creciente en esas circunstancias. "Los individuos y las naciones que aprenden tienen más probabilidades de prosperar en el mundo 'informatizado' de las décadas por venir", opinó él. Así como el sexo, el trabajo, la guerra, el entretenimiento, la ciencia y el comercio parecen sufrir la influencia de la investigación de la RV, la educación podría ser uno de los campos más optimistas para el posible cambio.

La importancia del juego

"Un niño, al igual que un adulto, necesita mucho de lo que en alemán se llama Spielraum. *Ahora bien, Spielraum no es principalmente 'un cuarto para jugar'. Si bien la palabra también significa eso, su significado principal es 'amplitud, espacio', para mover no sólo los codos sino también la mente, para experimentar con cosas e ideas cuando uno quiera o, dicho de forma más coloquial, para jugar con ideas."*

BRUNO BETTELHEIM
The Importance of Play
(La importancia de jugar), 1987

Si usted quiere cambiar su vida por menos de diez dólares, deténgase en una juguetería y compre una caja de esos bloques de construcción plásticos pequeños que se juntan y se apilan de diferentes maneras. Téngalos en el cajón de su escritorio y cuando sienta la necesidad de manifestar una inspiración creativa, saque los bloques, siéntese en el suelo con ellos y... juegue. Asegúrese de echar la llave a la puerta de su oficina, porque el "juego" está cargado de tabúes en nuestra cultura. Todavía me choca descubrir cuántos padres hay que nunca se sientan en el suelo con sus hijos sencillamente para jugar. Tal vez el "juego" responde a una de las principales preguntas planteadas por la tecnología de la realidad virtual: ¿qué se supone que deben hacer los humanos?

El juego se consideró como antónimo de "trabajo", y es ahí donde reside probablemente su mala reputación. Desde que John Calvin relacionó el trabajo y la salvación, el "jugar por ahí" se vio como algo próximo a lo pecaminoso. El trabajo creativo, sin embargo, requiere un delicado equilibrio de juego sin objeto y actividad dirigida y concentrada. Si no se convierte en una tarea por un inexorable punto de vista instrumental, el juego es nuestra herramienta más importante de pensar, sobre todo cuando estamos aprendiendo a pensar de una manera nueva.

El paleontólogo John Pfeiffer también estaba interesado en los orígenes del juego y en su relación con la maduración de la cultura humana. Sus observaciones parecen evocar una resonancia con algunas de las mismas sensaciones íntimas que yo tuve acerca de la RV, un tema acerca del cual probablemente él no sabía nada:

"El arte parece en cierto modo haber surgido del juego, en un proceso de desprendimiento únicamente humano y que ha adquirido una vida propia. Ambos incluyen imitación, simulación, una pizca de fantasía, la libertad de improvisar, de fabricar y romper reglas y crear sorpresa. Pero esa concepción, por más verosímil y frecuentemente expresada a través de los años, plantea más preguntas de las que responde, y es porque el juego es una actividad

compleja y mal entendida. La palabra misma lleva a confusión, es una zancadilla intelectual. Implica algo inútil, algo que no debe ser tomado en serio; y sin embargo todo lo que conocemos sobre evolución prueba que debe ser considerado muy seriamente.

"El juego es algo nuevo bajo el sol. Apareció después de 4.300 millones de años virtualmente sin juego, en épocas en que la superficie del planeta estaba formada por un gran océano que rodeaba una única masa de tierra o superisla que acababa de partirse en continente. Surgió unos 200 millones de años atrás con la aparición de animales de sangre caliente...

"El juego debe haber sido muy importante en la evolución reciente, sobre todo porque entraña una cantidad de grandes desventajas. Gasta energía que podría destinarse a la alimentación, el descanso o una relación social menos vigorosa, y produce a menudo graves daños a raíz de caídas y choques con rocas y árboles. Además, los animales jóvenes pueden estar tan absorbidos en sus juegos que se vuelvan descuidados y muy vulnerables para los predadores. Para contrarrestar los riesgos, el juego debe ofrecer premios de supervivencia muy altos, como, por ejemplo, brindar entrenamiento o práctica para la lucha en la vida real y tácticas de escape, y promover amistades y cooperación entre individuos que van a pasar muchos años juntos."

Si se busca mucho en la literatura sobre el juego, se encuentra a Johan Huizinga, el rector de la Universidad de Leyden en Holanda, quien publicó un libro en 1938 bajo el título *Homo Ludens* (El hombre jugador). Huizinga siguió los hilos del tema que están entretejidos en el asunto del juego —filológico, mitológico, antropológico, psicológico— y terminó más o menos en el mismo sitio en que terminan algunos de los científicos cognitivos de hoy. El juego, sobre todo el juego simbólico, está donde se encuentran la cognición y la cultura. Es un abrelatas mental para liberar ideas nuevas. También es la primera cosa que la mayoría de la gente hace cuando se encuentra sumergida en un mundo virtual.

Huizinga trató de comprender por qué la cristiandad medieval siguió manteniendo elementos culturales arcaicos tales como los códigos de honor, la heráldica, las órdenes de caballería, etcétera. Huizinga empezó por descubrir que se trataba de vestigios de ritos de iniciación primitivos, juegos sagrados. La gente los hacía porque eran una diversión para ellos o porque los comprometían profundamente y porque, según Huizinga, el juego era un vehículo para crear cultura.

Sólo recientemente se han interesado los psicólogos en estudiar el rol del juego en el desarrollo temprano de la edad adulta. Después de que Piaget revolucionara la psicología del desarrollo estudiando a sus propios hijos y a los de otros cuando emprendían diversas clases de juego, los psicólogos de distintas tendencias contribuyeron a comprender mejor el juego como una parte vital del desarrollo cognitivo social y emocional de todas las personas. Para resumir y simplificar sus descubrimientos, esos psicólogos concluyeron que el

juego es una forma de organizar nuestros modelos del mundo y los modelos de nosotros mismos, de probar hipótesis sobre nosotros y el mundo y de discernir nuevas relaciones o modelos en la mescolanza de nuestras percepciones. El juego, como los guiones que Peter Schwartz y sus colegas usan para prepararse para un futuro incierto, es una manera de pensar hacia adelante, de representar una simulación mental.

Considere la idea de que el juego es una simulación en computadora, que pasamos dentro de nuestras cabezas. "¿Qué ocurre si apilo estos bloques tan alto como puedo?" "¿Qué parecerá si mezclo todo en el cajón de las especias?" "Esto no es una caja de cartón. Es un castillo." Yo sentí que algo importante estaba ocurriendo cuando mi hija, de unos 18 meses, llevó un sonajero a la boca de su oso de peluche y empezó a alimentarlo con la "botella". Estaba aprendiendo a usar un objeto para simbolizar otro. Estaba aprendiendo a esquematizar información de una manera cualitativamente nueva, usando su memoria de experiencias anteriores para crear una representación de una nueva especie de experiencia. Estaba jugando con su mente.

Una tendencia para jugar con las ideas, para jugar a "simulemos", para imaginar resultados, no sólo es importante para los niños. ¿Es usted un trabajador, un comunicador, un tomador de decisiones, un diseñador, artista, hombre de negocios o ingeniero que construye un plan detallado para cada creación y luego lo sigue paso a paso? ¿O usted empieza sólo a hacer cosas por aquí y por allá con ideas o materiales hasta que un cierto orden empieza a emerger? Si usted es un trabajador de esta clase, habrá sufrido probablemente las pullas y las indirectas de sus colegas de mente más analítica, y si usted tiene imaginación o inventiva también sabe que es capaz de armar una trama al vuelo, que los cuidadosos planificadores nunca lograrán probablemente en años de esfuerzos deliberados. El antropólogo Claude Levi-Strauss, al escribir sobre el modo en que las culturas "primitivas" enfocan la creación de una teoría en sus disciplinas empíricas, usó el término *bricolaje* como modelo del método con el cual todos los humanos "primitivos" o "civilizados" elaboran teorías científicas jugando con objetos naturales en diversas combinaciones. En ese sentido, *bricoleur* es una especie de técnico intuitivo que juega con conceptos y objetos a fin de aprender algo sobre ellos.

El *bricolaje* cubre el desarrollo del círculo completo de medios educativos de una persona. La palabra fue recogida por el científico de computadoras y experto educacional Seymour Papert. En su libro *Mindstorms*, Papert señaló cómo se puede extender el término a toda una manera de pensar:

> *"El proceso recuerda el del aficionado; aprender consiste en desarrollar un conjunto de materiales y de herramientas que uno puede manejar y manipular. Tal vez, lo más importante de todo es que se trata de trabajar con lo que se consiguió. Todos estamos familiarizados con ese proceso en el nivel consciente, por ejemplo, cuando abordamos el problema empíricamente, probando todo lo que hemos sabido que funciona con problemas similares*

anteriormente. Pero aquí sugiero que trabajar con lo que uno tiene a su disposición es taquigrafiar un proceso de aprendizaje más profundo aunque inconsciente... Aquí insinúa que en su sentido fundamental, nosotros, como aprendices, somos todos bricoleurs.

La misma aseveración podría expresarse hoy acerca del ciberespacio.

Papert, uno de los fundadores de la investigación de inteligencia artificial en el MIT, acuñó el término "micromundos", un concepto que tiende puentes entre teorías de la educación y capacidad de simulación por computadora, ordenadores personales y, finalmente, tecnologías de la RV. Papert pasó cinco años en Suiza trabajando con el psicólogo evolutivo Jean Piaget. Piaget había desencadenado una revolución en teoría del aprendizaje dedicándose durante décadas a observar cómo aprenden los niños, empezando por sus propios hijos. Concluyó que el aprendizaje no es simplemente algo que los adultos imponen a sus vástagos a través de maestros y de aulas, sino que es una parte profunda del modo en que los niños están equipados de forma innata para reaccionar ante el mundo, y que todos los niños construyen sus conceptos sobre cómo funciona el mundo a partir del material de que disponen, en etapas definidas. Los procesos mentales que usan en ese proyecto de construcción vital intelectual son sus herramientas para pensar. Esas herramientas, que incluyen el experimento y la curiosidad sistemática tanto como las tablas de multiplicar y los alfabetos, son los elementos esenciales de la educación.

Piaget estaba especialmente interesado en averiguar cómo adquieren los niños las diferentes clases de conocimiento, y llegó a la conclusión de que los niños son científicos, realizan experimentos, formulan teorías y verifican sus teorías con más experimentos. Para el resto de nosotros ese proceso es conocido como "juego", pero para los niños es una forma vital de investigación.

Papert reconoció que la sensibilidad y la capacidad de representación de las computadoras podría permitir a los niños conducir su investigación a una escala que nunca es posible en un cajón de arena o en un pizarrón. Pero la interfaz humana tendría que ser diseñada de nuevo para hacer una interfaz infantil antes de que los niños que aún no saben leer y escribir y los muy pequeños tuvieran una oportunidad para usar esas facultades.

Papert emitió la conjetura de que los adelantos en interfaces de computadora y las nuevas teorías sobre aprendizaje humano podrían converger en una nueva clase de herramienta educacional. No era simplemente el concepto de "instrucción asistida por computadoras" de los años 60. En *Mindstorms*, declaraba:

"Dicho más sencillamente, mi conjetura consiste en que la computadora puede concretar (y personalizar) lo formal. Visto bajo esa luz, no es meramente otra poderosa herramienta educacional. Es única, porque nos provee con medios para dirigir lo que Piaget y muchos otros consideran un obstáculo que es superado al pasar del pensamiento infantil al adulto. Yo creo que

nos puede permitir desplazar la frontera que separa lo concreto y lo formal. El conocimiento que era accesible solamente mediante procesos formales puede ser encarado ahora de un modo concreto. Y la magia real proviene del hecho de que ese conocimiento incluye los elementos que uno necesita para transformarse en un pensador formal."

Al parecer, la sociedad Nintendo, que ya tiene simuladores basados en computadoras a guisa de videojuegos en uno de cada cinco hogares norteamericanos, piensa que las ideas de Papert siguen teniendo cierto mérito. En 1990, el presidente de Nintendo anunció en Kioto una gratificación de 3 millones de dólares para que se continuara el trabajo de Papert en el Media Lab en el campo de los amplificadores de la educación, específicamente para apoyar estudios sobre cómo aprenden los niños mientras juegan.

R. L. Gregory, un especialista en percepción visual humana, un campo que antes no estaba relacionado con la psicología educacional, tenía algo similar para decir acerca del lugar que ocupa el juego, no sólo en el aprendizaje humano, sino en nuestras percepciones elementales:

"La meta exploratoria consiste en amplificar y extender la experiencia directa para enriquecer la percepción y la comprensión en los niños y en la vida adulta. La efectividad del enfoque práctico para enseñar ha sido cuestionada. Pero, en cualquier caso, captar el interés es, con seguridad, el primer principio para que los métodos más formales sean efectivos. Es difícil creer que el aprendizaje deba ser serio; es mucho más probable que el juego sea de una importancia fundamental para los primates a fin de que aprendan a vivir en el mundo en el cual se encuentran. Es fascinante observar a los niños y a los adultos en esa situación de experimento-juego del descubrimiento individual. Aunque la investigación es necesaria para estar seguro, ellos ciertamente dan todos los indicios de pensar y aprender al obrar."

Como observara Gregory, quedan por hacer muchos proyectos e investigación antes de que se conozca si la RV puede proveer una caja de arena mágica a los niños y los maestros para experimentar directamente mundos simulados de historia o biología; pero Frederick Brooks se remitió al pionero educacional norteamericano John Dewey, cuando resumió el potencial educativo de la RV en las palabras "aprender haciendo". ¿Qué ocurre si los micromundos educacionales pudieran ser diseñados en forma de casas de juegos ciberespaciales como lo sugieren Jaron Lanier y Randall Walser?

Para los que se preguntan por qué a los chicos les gustan los juegos de video y odian la escuela, y se preguntan si hay algo para aprender allí, el futuro de la industria de la educación electrónica comercial será instructiva. Si las capacidades de representación de las simulaciones de RV evolucionan, y si un equipo de talento como Ann McCormick y Warren Robinett, quienes crearon Rocky's Boots y otros software educacionales a principios de los años 80,

o Brenda Laurel y Scott Fisher, quienes fundaron la investigación de telepresencia en 1990, reciben las herramientas y la oportunidad para crear "mundos de aprendizaje", podremos ver algunos resultados positivos de lo que ha sido generalmente un campo deprimente. Otras cosas puede que estén mejorando en Estados Unidos y en otras sociedades industriales, pero no la educación.

Tal vez la tecnología y el comercio puedan tener éxito allí donde los sistemas escolares públicos han fracasado. Si los videojuegos crean una infraestructura oculta para una tecnología educacional de RV en Nintendo para el futuro, o si los proyectos de Fujitsu para crear simulaciones de RV educacionales llegan a fructificar, el obstáculo clave para obtener una educación en el futuro podría residir simplemente en la falta de acceso a las tecnologías de educación por experiencia directa. Si uno tiene que asistir a escuelas públicas deficientes y sus padres no pueden pagarle los suplementos educacionales de Nintendo, podría terminar con los otros terráqueos privados de derechos informacionales en la edad de la información.

Los efectos de la RV están tan diseminados, desparramados entre muchas disciplinas científicas diferentes, aplicaciones comerciales potenciales y roles sociales, que parece difícil encontrar un modelo más grande que conecte todo eso en algo significativo en todas las dimensiones. Lo que hace falta, según lo señaló Douglas Engelbart, es un marco conceptual. Para empezar a construir semejante marco habría que buscar una base en el pasado, examinar la historia en busca de modelos a largo plazo que pudieran ayudar a dar sentido a la compleja mezcla de posibilidades del día de mañana. Preguntar dónde empezó todo y por qué podría resultar de ayuda cuando se llega a discutir adónde va todo eso y por qué.

17

El ciberespacio y la naturaleza humana

"La gran liberación, el desprendimiento que constituye nuestra singularidad, se produjo durante el paleolítico superior. Además, la liberación no es algo remoto que ocurrió en tiempos olvidados, en un pasado interesante pero en el fondo irrelevante. Desde el punto de vista de la duración de una vida humana, cualquier cambio que se remonta a 30.000 o más años debe, en verdad, parecer historia antigua. Pero es un parpadeo en la escala evolutiva del tiempo. Somos muy jóvenes, una especie de infantes que sólo ahora empiezan a sorprenderse, observar y explorar. El proceso que cobró impulso entre los hombres de Cro-Magnon sigue acelerándose en nuestra época. Las mismas fuerzas que nos conducen hoy llevaron a nuestros recientes antecesores bajo tierra con pinturas, herramientas de grabado, lámparas y nociones sobre el lugar que ocupan en el esquema de las cosas...

"El tema subyacente es la continuidad. El mañana será el resultado de una elaboración de intensidad creciente y de escala cada vez mayor, de fuerzas liberadas ayer durante el paleolítico superior. La información se sigue apilando, y más rápido que nunca. La tarea de procesarla y analizarla es aún decisiva, formidable, y así es la tarea de la comunicación: crear símbolos más compactos, nuevos, imágenes más refinadas sobre las pantallas del tipo de televisión, métodos de partición más complejos. La supervivencia sigue dependiendo del uso de todos nuestros recursos, del arte y la ceremonia, así como de la tecnología, para construir sociedades estables a partir de una cantidad creciente de individuos ariscos e impredecibles."

JOHN PFEIFFER
The Creative Explosion
(La explosión creativa), 1982

"Considere a una persona de la época feudal, ignorante de que vive en un planeta cargado de recursos naturales como los combustibles fósiles, que podrían proveer de energía a las máquinas que a su vez crearían máquinas

más complejas y producirían energía electroquímica... Hoy en día, al final de la era industrial, en el alba de la edad cibernética, la mayoría de los ingenieros digitales y la mayoría de los gerentes de la industria de las computadoras no están enterados de que vivimos en una cultura cibernética, rodeados por depósitos ilimitados de información que puede ser digitalizada y aprovechada por los individuos equipados con mecanismos cibernéticos... La realidad virtual no tiene límites. De lo que se trata es del acceso a la información. Ataviarse con ropaje de computadora será tan insignificante en la historia humana como lo fue vestirse en el paleolítico.

TIMOTHY LEARY
Citado por Davis Sheff en *Upside*, 1990

Hace treinta mil años, en el exterior de una pequeña caverna existente en una formación caliza en la zona conocida ahora como Francia Meridional, varios adolescentes temblaban en la oscuridad, esperando la iniciación al culto de los hacedores de herramientas. Las semanas de ayuno y abstinencia, las pruebas de silencio y sufrimiento, los rituales de toque de tambor, cantos y danzas estaban a punto de alcanzar el clímax. La primera realidad virtual esperaba abajo. Nunca sabremos con absoluta certeza qué ocurrió allí, pero por lo menos un paleontólogo contemporáneo arguyó que las actividades en aquellas cavernas estaban estrechamente relacionadas con una serie de cambios que se producían en el pensamiento y la acción humanos y que continúan reverberando hoy en día.

En algún momento entre diez y treinta mil años atrás, la mayor parte de nuestra especie cambió su modo de vida, no por la mutación o la selección biológica, sino porque la gente aprendió algo nuevo. Las cavernas de Lascaux y otros emplazamientos podrían ser los lugares donde se llevaba a cabo el aprendizaje. Si las teorías del paleontólogo John Pfeiffer son correctas, pueden haber coadyuvado ciberespacios primitivos, pero eficaces, para colocarnos sobre el camino que se dirige hacia la construcción de un mundo computerizado en primera instancia. Hacer herramientas estaba al principio del camino que conducía a la inauguración del ciberespacio, y hacer herramientas usando mecanismos de atención humana y displays de video de alta resolución, en lugar de pinturas ocres sobre paredes de piedra caliza, puede ser también el último propósito futuro del ciberespacio.

Los novicios han sido seleccionados con cuidado. Una vez al año, los candidatos que habían cumplido una determinada edad eran secuestrados por un oscuro grupo de fabricantes de herramientas, chamanes y artistas cuyas actividades cambiaban de forma irrevocable el modo en que la raza humana trabajaba y vivía. Los mentores llevaban a los novicios, uno por uno, al interior de la caverna. Arrastrándose durante horas a través de pasillos muy oscuros, profundos, estrechos, laberínticos, se llegaba a las cámaras especiales. Después de los cánticos, las postraciones, los mitos y textos susurrados, la oscuri-

dad era perforada por antorchas y lámparas dispuestas a intervalos estratégicos. Los novicios, que yacían o estaban de pie en posiciones predeterminadas con exactitud, veían de pronto figuras sobrenaturales que flotaban en el espacio delante de ellos: bisontes, pájaros, símbolos, figuras humanas que saltaban desde la oscuridad llenando su campo de visión.

En ese momento de miedo y temblor inducido audiovisualmente, según propone Pfeiffer, se impartían los primeros secretos tecnológicos. La psique, deliberadamente sensibilizada, de los novicios se volvía a enmarcar con secuencias elaboradas con esmero de visiones y sonidos, grabadas con los secretos del fuego y el metal, las conexiones entre semillas y estrellas. Una forma temprana de la idea más poderosa situada en la base de la civilización tecnológica —de que es posible observar el mundo y aprender de él y aplicar ese conocimiento a los requerimientos de la vida cotidiana— fue marcada a fuego en los cerebros de nuestros ancestros con el acompañamiento de un espectáculo tridimensional de luz y sonido.

Las primeras realidades virtuales en la Tierra fueron construidas laboriosamente, con luz de lámparas, profundamente bajo tierra. Su propósito es desconocido, pero John Pfeiffer presenta pruebas, en sus publicaciones científicas y en su libro *The Creative Explosion*, de que esos ciberespacios subterráneos pueden haber sido creados para imprimir información en la mente de los primeros tecnólogos. Aunque los orígenes de la especie humana siguen siendo materia de controversia, los métodos corrientes de cronología señalan un antepasado común alrededor de 200.000 años atrás. Hasta hace varias decenas de miles de años, una población humana relativamente dispersa llevaba un tipo de vida más o menos igual, milenio más, milenio menos. Sin embargo, en la época en que se crearon las primeras pinturas rupestres, nació una nueva forma de vida. Los revolucionarios de más éxito de aquel tiempo, los primeros agricultores-tecnólogos paleolíticos, fueron transformando y por último eliminando el estilo de vida de cazadores-recolectores, que había sostenido a pequeños grupos de humanos durante los 200.000 años que existió la especie.

¿Por qué de pronto los hombres empezaron a hacer pinturas en lo profundo de las cavernas, decenas de miles de años atrás? La pregunta es más que académica. Como señalara Pfeiffer en su libro, la gente no se tomó tantas molestias sin tener una razón para ello:

> *"¿Qué aportó el uso del arte después de cientos de milenios de cuevas naturales y sin embellecer, y de moradas al aire libre, y por qué en Europa Occidental y no tan temprano aparentemente en el resto del mundo? Algo debe haber sucedido para justificar la diferencia, y esa diferencia es muy significativa. Uno se pregunta cómo cambió la sociedad, cómo cambió la gente. ¿Qué nuevas necesidades tenían que ser satisfechas? ¿Qué nuevos deseos debían ser cumplidos? ¿Eran más sensibles, más conscientes, más estéticos? Y, sobre todo, ¿qué beneficios posibles podían obtener con esa conducta tan 'poco práctica'?*

"El problema se vuelve más complejo en varios órdenes de magnitud cuando se considera el arte profundo: el arte ubicado en la mayor oscuridad, lejos de la luz diurna y de las zonas de penumbra y de los lugares habitados, en grandes extensiones de pared o doblemente ocultos en cámaras diminutas, cavernas dentro de cavernas, secretos en el interior de secretos. El propósito de esta especie de arte difería enormemente de los propósitos de la variedad doméstica. Sugiere cosas tales como rituales intensos, pruebas, jornadas bajo tierra por razones místicas. La explosión del arte marcó el estallido de ceremonias y, nuevamente, nos preguntamos sobre los resultados evolutivos, sobre las necesidades y deseos que entrañaba, sobre su valor selectivo y adaptativo. Hay todas las razones posibles para creer que los artistas individuales se beneficiaban directamente por sus raros talentos, que el arte se habría marchitado si tal no hubiera sido el caso. Pero al mismo tiempo el arte favoreció el progreso del grupo, de la banda y de la tribu.

"La aparición del arte por sí mismo habría sido más que suficiente para distinguir el paleolítico superior, pero una cantidad de otros adelantos importantes se producían durante el mismo período. Porque ocurre una cosa, un recién llegado familiar aparece por primera vez en el registro fósil, una nueva especie. El hombre de Neanderthal desaparece sin dejar rastro y su lugar es tomado por restos de individuos de tipo moderno como nosotros, los hombres de Cro-Magnon y sus vástagos, denominados de forma colectiva y algo eufemística como 'doblemente sabios', Homo sapiens sapiens.

"Con la nueva especie aparecieron nuevos estilos de vida. Se fueron produciendo cambios en prácticamente todos los campos del entendimiento humano. Los hombres de Cro-Magnon hicieron más herramientas y más clases de herramientas que los de Neanderthal, usando una variedad más amplia de materia prima de forma más eficiente, explotando un espectro más amplio de plantas y animales. Parecían venir juntos en grupos más grandes, tal vez durante períodos más largos, un indicio de los asentamientos a gran escala por venir, y se comunicaban entre ellos a distancias mayores. Hay señales del derrumbe de tradiciones antiquísimas. Las cosas ocurrían más rápido que nunca antes."

Pfeiffer advirtió que muchas de las pinturas eran "anamórficas", es decir, que estaban pintadas de una forma definidamente distorsionada sobre protuberancias y depresiones naturales en la piedra caliza a fin de que las representaciones tuvieran una apariencia tridimensional al ser vistas bajo una luz y un ángulo adecuados. Otras imágenes fueron talladas en las paredes de modo tal que sólo se ponían de manifiesto cuando se movía una luz que incidía en ellas desde un ángulo apropiado. Basándose en la ubicación de las pinturas, las ilusiones tridimensionales y la prueba externa de otras actividades humanas durante el mismo período, Pfeiffer reunió testimonios para sus hipótesis de que el propósito de esas exhibiciones luminosas subterráneas era causar un estado específico de conciencia.

Según sostiene Pfeiffer, la razón para provocar un estado alterado de conciencia en la gente podría haber sido la de ayudar a impartir un creciente volumen de información, necesario para la expansión de una nueva forma de vida. Acopio de semillas, medicina a base de hierbas, confección de herramientas de piedra, observación de las estrellas, apareamiento de los animales y todos los otros conjuntos del saber que eran necesarios para terminar con los ciclos antiquísimos de migración y crear asentamientos permanentes, eran relativamente nuevos en la cultura humana. Las nuevas técnicas aportaron la necesidad de transmitir información cultural adicional a las generaciones futuras, los manuales de instrucción para los nuevos dispositivos de economía laboral. Resultó una explosión de información y una crisis de comunicación, según asevera Pfeiffer:

"La crisis, tan grave como la amenaza de hambre, amenazaba con el caos. El saber colectivo de una sociedad en bandas estaba por surgir, exigiendo sistemas mucho más poderosos para almacenar registros, y no había escritura. La escritura podía haber ayudado hasta cierto punto, y ya se daban pasos que finalmente conducirían a las primeras notaciones con símbolos y signos complejos. Pero la escritura tal como la conocemos estaba a 20.000 años de distancia. Apremios de aquí y ahora dieron origen a medidas de diferentes clases, medidas creadas para transmitir los contenidos crecientes de 'la enciclopedia tribal', intacta e indeleble, de generación en generación...

"Una manera de preparar a las personas para grabarles algo se conoció durante largo tiempo entre las tribus, en todas partes, tanto en épocas modernas como prehistóricas: llevarlos a lugares desconocidos, ajenos y desagradables, que es una parte del procedimiento conocido en tiempos recientes como lavado de cerebro. Eso está destinado a borrar o socavar su mundo de todos los días lo más completamente posible, y sirve, al parecer, como preliminar eficaz para hacerles recordar...

"Muchas cosas ocurren en esos sitios, se reciben muchas impresiones y el impacto combinado de todas las impresiones. El arte mismo es sólo una parte de la experiencia, a menudo una parte más bien pequeña. Salvo una proporción relativamente pequeña de grabados y pinturas sobresalientes, las figuras pueden ser más o menos interesantes, pero no son emocionantes, sobre todo si se las ve fuera de contexto y en dos dimensiones, reproducidas en libros o proyectadas sobre pantallas. La puesta en escena es el principal factor del efecto de las figuras, y el proceso de llegar allí por una serie de estrechamientos sucesivos, desde el mundo exterior a la boca de la caverna, y a las galerías, cámaras laterales y nichos ubicados en las cámaras o más allá de éstas. Una especie de acercamiento extensivo realza las figuras. Entonces se vuelven emocionantes...

"Fijar enormes cantidades de información en la memoria requirió todos los dispositivos que he analizado hasta ahora —el uso de espacio confinados, obstáculos y caminos difíciles, imágenes ocultas para el aspecto na-

turalmente extraño de las puertas en escena subterráneas— y muchas cosas más. Sólo empezamos a apreciar la sutileza de lo que sucedía. Considerando las tecnologías disponibles en aquel tiempo, los seres humanos del paleolítico superior parecían haber recurrido a todos los trucos existentes, apilando efecto especial sobre efecto especial en un esfuerzo por asegurar la preservación y la transmisión de la enciclopedia tribal."

Es posible que en las cuevas de Lascaux se hayan llevado a cabo las ceremonias de fijación mental más tempranas que usaran el arte tridimensional, subterráneo, los mitos y rituales y las sustancias que alteraban la mente. Las cámaras de iniciación subterráneas llenas de símbolos arquitectónicos y pictóricos de principios tecnológicos y espirituales, usadas para rituales dramáticos especiales y espectáculos de luz y sonido destinados a alterar la conciencia, no se limitaban al Mediterráneo. Los asentamientos humanos más antiguos en Norteamérica, las mesetas de los hopi en Oraibi en el norte de Arizona, aún contienen esos recintos, conocidos entre las tribus pueblo como *kivas*. Cámara redonda, cuadrada o hexagonal, por lo general bajo tierra, la *kiva* contiene un agujero en el suelo, un reborde sobre el perímetro y una escalera que conduce a un orificio de humo en el techo. En esas *kivas*, como en las cavernas de Lascaux o las cámaras de iniciación de Eleusis, se instruía a los jóvenes, en estados de conciencia alterados, en el uso de herramientas fundamentales para crear y mantener un nuevo estilo de vida, tanto espiritual como tecnológico. Según describiera Frank Waters la sagrada arquitectura *kiva*:

"En una correspondencia aproximada con la cosmografía budista, los universos de los navajo y los pueblo abarcan cuatro submundos sucesivos bajo tierra...

"Todo eso está simbolizado en forma abstracta en la kiva *de los indios pueblo, la cámara secreta subterránea de ceremonias. Pues la propia* kiva, *con sus múltiples variantes, repite de forma estructural ese universo de cuatro mundos común para todos...*

"En la kiva, *se le recuerda al hombre que vive en la completitud del inmenso y desnudo Universo. Y se le hace presente constantemente la armonía psíquica, universal, que él debe ayudar a perpetuar mediante su vida ceremonial.*

"Pues la kiva *no es solamente un símbolo arquitectónico del universo físico. El universo, con su gran roca axial y su gran garganta de* sipapu, *es de por sí un símbolo estructural de la forma mística del alma de toda la Creación. Y ambas se reproducen en el hombre mismo."*

Los ritos más secretos de los *kivas* siguen siendo desconocidos fuera de los clanes de los indios pueblo a los que fueron confiados. Pero se sabe bastante acerca de los aspectos públicos del ritual para deducir que entraña una explícita exposición de los orígenes y metas humanos, rituales teatrales sim-

bólicos y sólida información acerca de la tecnología necesaria para sustentar un nuevo estilo de vida para la cultura. Los hopi, como los otros descendientes del hemisferio occidental de las bandas de cazadores-recolectores que migraron cruzando el puente de tierra de Bering, han deambulado durante siglos antes de asentarse y construir sociedades urbanas. La tecnología que posibilitó esos asentamientos era la misma que hizo posible la mayor parte de la civilización en el hemisferio occidental: el cultivo del maíz.

Ahora se sabe que el maíz no es una planta silvestre, sino artificial, producto de un cruce entre un maíz silvestre y una hierba originaria del lugar, una tarea que llevaron a cabo expertos agricultores en México Central durante generaciones, en la misma época aproximadamente en que los misterios Eleusinos florecían en el Mediterráneo. Los rituales de *kiva* fijaron un ciclo de ceremonias que codifica un sistema agrícola complejo. En primer lugar, el cereal se planta en el momento preciso en que lo indican los modelos estelares que guían el ceremonial. Luego se plantan habas junto al maíz; las habas ayudan a que las raíces del cereal fijen el nitrógeno y los tallos del cereal proveen un enrejado para que trepen las habas. Luego se plantan las calabazas, y durante el calor del verano las anchas hojas de la calabaza conservan la humedad en el suelo y crean un microclima que es inhóspito para las plagas. Esa práctica de una cultura vital, totalmente tecnológica y ubicada con precisión en el tiempo, era un componente de la información externa que acompañó los componentes psicológicos y espirituales de la ceremonia *kiva*. El uso de la mímesis, los personajes enmascarados, los objetos pintados tridimensionales de importancia simbólica son algunas de las técnicas que se asocian con los rituales *kiva*. ¿No suena eso familiar?

Algo relacionado con cavernas y petroglifos siempre tuvo cierta resonancia para mí. En Arizona, a la edad de 17 o 18 años, encontré por primera vez a Kokopelli. Yo no sabía quién era, qué significaba, ni siquiera que tuviera un nombre; pero cuando vi la figura rígida, tosca, de un flautista jorobado, tallada en una roca en una gruta baja, sobre un ancho valle fluvial en Arizona del Norte, fue como si alguien me hubiera alcanzado y repicado unas campanillas que nunca había conocido antes. Supe de él más tarde, asociado con el maíz, un portador de semillas e información, un diablo con cuernos como Siva y Dionisos. Un técnico revolucionario, un tejedor de sueños. Un amplificador de la civilización.

Durante mis búsquedas para este libro, fui a recalar en una conferencia científica en Santa Bárbara, California, una de esas actividades intensas en que el flujo de información no se interrumpe entre las sesiones. De modo que aproveché una de esas pausas destinadas a entrevistas personales y encontré a otro cibernauta que estaba interesado en ver la cueva pintada, a una hora de la ciudad, a pie de las montañas Santa Inés. Los indios chumash, que habían vivido en la zona de Santa Bárbara cruzando una buena franja de California del Sur, eran conocidos por sus poderosos chamanes y sus pinturas rupestres, cosas que no eran fenómenos ajenos entre sí. Vi un filme de las espirales, estre-

llas, líneas onduladas, figuras humanoides. Eran muy diferentes del realismo impresionante de algunas pinturas más antiguas en el sur de Francia. Un folleto que recogí en la vecindad mencionaba que, según se sabía, los chamanes que hicieron las pinturas usaban *datura*, una poderosa planta alucinógena y otras sustancias vegetales.

La gruta pintada estaba inmediata al camino, en un cañón lateral frente a las montañas, y a una corta distancia del lugar desde donde se veía el Pacífico. Un pesado portón enrejado cerraba la boca de la gruta. Estaba demasiado oscuro para ver nada, de modo que trepamos por ahí y esperamos a que el sol subiera más. Cuando echamos dentro una mirada vimos la razón de las barras de hierro, junto con las espirales superiores y un disco de sol oculto que se supone conmemora (¿o predice?) un eclipse solar que se hubiera producido en el siglo XIV. "John ama a Mary" y otros graffitis modernos más prosaicos tapaban capas más viejas y más serias. En más de un sentido, era una excursión decepcionante. Después de mirar a través del enrejado las pinturas que eran visibles desde la entrada, decidimos seguir uno de los senderos y trepamos sobre las rocas que cubrían la gruta. Nos sentamos allí durante un rato y charlamos preguntándonos qué aspecto habría tenido aquello mil años atrás. Cuando nos íbamos y yo descansaba en un pequeño reborde después de pasar por una sección más angosta, miré por la hendidura la roca vecina y contuve la respiración. El sol estaba en la posición justa, yo me encontraba en el lugar correcto y mi mirada apuntaba en la dirección adecuada; y quedó claramente visible el perfil de un "pájaro de trueno" de medio metro de ancho sobre la superficie de la roca. La atención es el mejor instrumento.

—La forma metafórica de la existencia impregna la cultura —me llamó Brenda Laurel para decírmelo cuando había vuelto de Nuevo México, y añadió—: Esto no debería sorprendernos. Es para eso que sirve lo que hacemos con nuestros cuerpos y nuestras emociones." Ella había visitado el cañón del Chaco, donde había huecos cavados en las mesetas y las *kivas* eran suficientemente grandes para dar cabida a cientos de personas. La propia forma de las ciudades Anasazi y la arquitectura de sus lugares rituales, como los templos Eleusinos, las cuevas paleolíticas, los anfiteatros dionisíacos, centran el foco de su atención en el poder de la mímesis.

En respuesta a la hipótesis de Pfeiffer sobre la RV como medio de fijación, a mis especulaciones sobre el maíz y las *kivas* y a los aspectos de codificación de la información sobre el drama, Laurel contestó: "La transmisión de valores y de información cultural es una faceta de la RV. La otra cara es la creación de la experiencia dionisíaca. El aspecto que me pareció importante en esas dos funciones es la noción de estar en la presencia viva de algo. Con la ceremonia de la *kiva*, uno está en la presencia viva no sólo de otra gente sino de un suceso que está ocurriendo en tiempo real. No importa si uno considera la función informacional o la dionisíaca, la idea de que suceda en tiempo real en el lugar presente, requiere que la gente esté en el mismo espacio en el mismo momento. Lo que ha hecho la RV, y que es tan revolucionario, es li-

berarse del espacio real como requerimiento. El ciberespacio tiene el potencial de hacer desaparecer el espacio como un mediador de experiencias colectivas". Laurel insiste en que nosotros seguiremos usando los nuevos medios de comunicación que llegan con el ciberespacio, así como hemos usado todos los medios anteriores, para evocar los poderes de transformación, para propulsarnos más allá de los límites de nuestras mentes e impulsar nuestra evolución cultural a territorios nuevos.

El uso de los ciberespacios para influir, instruir y para desencadenar experiencia estática es un resultado para el futuro, tanto como para el pasado. Los códigos sociales con los cuales creamos valores, los mecanismos sociales con los cuales esos valores guían las acciones, y los usos finales que elegimos para las herramientas que creamos, son cuestiones referentes al futuro que las tecnologías de la RV nos impulsan a enfrentar. La cuestión de para qué están los seres humanos (cuál es nuestro propósito en ese esquema de cosas) no es la misma de adónde apuntan los seres humanos (qué sucesos en nuestro pasado pueden haber dado forma a nuestras capacidades presentes). A fin de ejercer una influencia en la dirección de los acontecimientos, una cantidad suficiente de personas debe comprender la diferencia entre la trayectoria que nos trajo hasta aquí y los caminos que preferiríamos elegir para nuestro futuro. Una manera de centrarnos en las cuestiones referentes a las muchas implicaciones de la tecnología de la RV y el futuro consiste en considerar nuestro uso de esas herramientas para pensar que estamos usando ya hace unos años.

El uso humano de las herramientas para pensar

"Si pudiéramos liberarnos de todo el orgullo, si, para definir nuestra especie, nos atuviéramos estrictamente a lo que los períodos históricos y prehistóricos nos muestran como características constantes del hombre y de la inteligencia, no deberíamos decir Homo sapiens, *sino* Homo faber. *Resumiendo, la inteligencia, considerada en lo que parece ser su rasgo original, es la facultad de elaborar objetos artificiales, sobre todo herramientas para hacer herramientas."*

HENRI BERGSON
La evolución creadora, 1911

"Somos evidentemente únicos entre las especies por nuestra capacidad simbólica, y somos ciertamente únicos por nuestra modesta capacidad de controlar las condiciones de nuestra existencia usando esos símbolos. Nuestra facultad de representar y simular la realidad implica que podemos aproximarnos al orden de la existencia y atraerla para que sirva a los propósitos humanos. Una buena simulación, sea ésta un mito religioso o una teoría

científica, nos da un sentido de dominio sobre nuestra experiencia. Representar algo simbólicamente, como lo hacemos cuando hablamos o escribimos, es en cierto modo apresarlo, apropiándonos de ello. Pero con esa aproximación llega la conciencia de que hemos negado la inmediatez de la realidad y que al crear un sustituto no hemos hecho más que entretejer otro hilo en la red de nuestra gran ilusión."

HEINZ PAGELS
Los sueños de la razón, Gedisa, 1991

La realidad virtual trae consigo un conjunto de preguntas acerca de las industrias y aptitudes científicas que hace posibles. También trae consigo un conjunto de preguntas sobre los usos humanos de la tecnología, sobre todo tecnologías que no existen todavía pero que se vislumbran en el horizonte. La RV demuestra de forma vívida que nuestro contrato social con nuestras propias herramientas nos ha llevado a un punto en que *tenemos que decidir más bien pronto qué debemos llegar a ser como humanos*, porque estamos a punto de poder crear cualquier experiencia que deseemos. Los primeros cibernautas comprendieron muy pronto que el poder de crear experiencia es también el poder de redefinir conceptos básicos tales como identidad, comunidad y realidad. La RV representa una especie de nuevo contrato entre humanos y computadoras, un arreglo que podría concedernos un gran poder y tal vez cambiarnos de forma irrevocable en ese proceso.

El pacto fáustico que se vislumbra implica ciertos cambios en la sociedad que hemos gozado con nuestras máquinas. Podríamos decidir que no nos importaría llegar a ser un poco más o mucho más parecidos a las máquinas a cambio de tener mecanismos que ahorren trabajo, herramientas que salven vidas, comodidades atrayentes y entretenimientos seductores. Esa decisión podría ser un cambio radical, pero no abrupto. Nuestras mentes, nuestros sentidos, nuestra realidad consensual ha sido conformada para un siglo al punto de que miles de millones de nosotros se entrenan y están listos para abrazar a nuestros socios de silicio de forma más íntima que nunca. Billones de hombres-horas fueron recorridos hasta ahora en los mundos virtuales de *I Love Lucy* y *Dallas*, FORTRAN y fax, redes de computadoras, "comsats"[1] y teléfonos móviles. Las transformaciones en nuestra psique, desencadenadas por los medios electrónicos hasta ahora, pueden haber sido una mera preparación para cosas mayores por venir. La articulación del cambio parece estar conectada con esas máquinas que hemos creado y la clase de sociedad que estamos desarrollando con nuestras herramientas de información.

La RV es un umbral importante en la evolución de la simbiosis hombre-computadora. Pero la simbiosis es un intercambio de dos vías; cuando un or-

1. Comunicación vía satélite. *(N. del T.)*

ganismo existe a expensas del otro, sin contribuir con algo vital a la sociedad, la relación es parasitaria. Hay dos preguntas que emergen del examen de la RV y que están estrechamente relacionadas: ¿cómo afectarán las herramientas y los entornos ciberespaciales nuestro modo de vivir, de pensar y trabajar? ¿Y cómo afectará el ciberespacio el modo en que aprehendemos el mundo, la forma en que nos definimos a nosotros mismos como seres que siente, piensan y se comunican?

"Los medios electrónicos alteran las proporciones entre los sentidos", era uno de los epigramas clave de Marshall McLuhan: la proporción y la cantidad de entrada auditiva y visual con respecto a la recepción dominante de la realidad fueron alteradas por la radio y los teléfonos y luego vueltas a alterar por la televisión; nosotros vemos y oímos y aprehendemos así el mundo de una manera diferente. Esos efectos se dan por sentados ahora, tres décadas después del libro de McLuhan *Understanding Media*. La experiencia del ciberespacio está destinada a transformarnos de otra manera, porque es un recuerdo innegable de un hecho que ignoramos y negamos por hipnotismo desde el nacimiento, y es que nuestro estado normal de conciencia es de por sí una simulación hiperrealista. Nosotros construimos modelos del mundo en nuestra mente, usando los datos que provienen de los órganos de nuestros sentidos y las aptitudes de procesamiento de información de nuestro cerebro. Por lo general pensamos en el mundo que vemos como "eso que está fuera", pero lo que vemos en realidad es un modelo mental, una simulación perceptual que existe solamente en nuestro cerebro. Esa aptitud para la simulación es el sitio en que las mentes humanas y las computadoras digitales comparten un potencial para la sinergía. Si se le da al simulador hiperrealista que está en nuestra cabeza una posibilidad de manejar simuladores hiperrealistas computerizados, algo muy grande podría ocurrir.

La simulación cognitiva, la creación de modelos mentales, es una de las cosas que los hombres hacen mejor. Lo hacemos tan bien que tendemos a encerrarnos dentro de nuestros propios modelos del mundo con una red sin costuras de convicciones inconscientes y percepciones sutilmente moldeadas. Y las computadoras son las herramientas por excelencia para confeccionar modelos, aunque sólo ahora empiezan a aproximarse al punto en que la gente podría confundir simulación con realidad. La computación y la tecnología de la representación están convergiendo en la aptitud de simulación hiperreal. Ese punto de convergencia es bastante importante para que se lo considere antes de su aparición. El día en que las simulaciones de computadora se vuelvan tan realistas que la gente no las pueda distinguir de la realidad no simulada, nos encontraremos con cambios importantes.

Nos estamos aproximando a un punto de inflexión en que las mejoras cuantitativas de esa interfaz de confección de modelos desencadenará un salto de *quantum* cualitativo. En los años por venir, seremos capaces de colocarnos un dispositivo de cabeza, o entrar en un recinto de medios y rodearnos en una simulación responsiva de estremecedora verosimilitud. Nuestras defini-

ciones básicas de la realidad serán redefinidas en ese acto de percepción; como proclama Jean Baudrillard: "El día de la abstracción ya no es el del mapa, el doble, el espejo o el concepto. La simulación ya no es la de un territorio, de un ente referencial, de una sustancia. Es la generación mediante modelos de algo real sin origen o realidad: algo hiperreal. El territorio no precede al mapa, ni le sobrevive. De ahí que sea el mapa el que precede al territorio".

El advenimiento de la hiperrealidad generada por la tecnología podría ser la "alucinación consensual" de pesadilla descrita por William Gibson en la novela *Neuromante*, donde se originó la palabra *ciberespacio*. O el resultado podría ser un aumento de libertad y poder humanos, afines a los posefectos de la imprenta y la comunicación. Por qué camino irá —distopía o habilitación— depende en parte de cómo reaccione la gente para desenmascarar la realidad como un elemento constructivo cognitivo perceptual. La gente tiende a reaccionar de diferentes maneras al hecho de que la realidad podría ser una ilusión, según su propia relación emocional y personal con su enfoque de la realidad. Negación, disonancia cognitiva, resistencia son todas reacciones psicológicas posibles a la verdad que estamos obligados a enfrentar en el reino ilusorio del ciberespacio, en orden decreciente de popularidad.

Si los humanos y las computadoras están en equilibrio en el filo de una relación simbiótica, como lo profetizó hace más de tres décadas el pionero de la computación J. C. R. Licklider, ¿no deberíamos tomarnos un rato para analizar adónde vamos antes de introducirnos más adentro? Si pudiéramos controlar en qué nos transformamos, ¿en qué *querríamos* transformarnos, en qué *no* querríamos transformarnos, y cómo podríamos tener la fuerza para tomar esa decisión? Después de luchar un año y medio con los temas a los que dio origen la emergencia de la tecnología de la realidad virtual, me sigo formulando preguntas que creí haber dejado en mis clases de filosofía en la universidad.

En mis viajes, encontré a un investigador que se propone usar la RV a modo de sonda para "mapear" los límites del potencial humano, para comprender a qué se adecuan más los seres humanos en un mundo cada vez más dominado por las máquinas.

El psicólogo Nathaniel Durlach no es ni de la generación de Atari, ni de la generación de las grandes computadoras. En efecto, empezó por el camino de la indagación que lo condujo a la RV estudiando los murciélagos. Su interés por la comunicación táctil lo condujo a la idea de "mapear" los sentidos humanos sobre transductores mecánicos, su campo de superposición con el de Margaret Minsky, cuyo laboratorio está a pocos pasos de distancia del de Durlach. Como otros a quienes conocí y que se vieron arrastrados al mundo de la investigación de mundos virtuales de formas inesperadas, Durlach no se dio cuenta de que se iba a encontrar con robóticos que venían por la misma senda que recorría él, sólo que desde una dirección diferente. Como psicólogo, está interesado no sólo en el elemento "factores humanos" en los sistemas de RV, sino en la perspectiva de usar dichos sistemas como una especie de microscopio psicológico para examinar las cuestiones más profundas de la naturaleza humana.

¿Naturaleza humana?

—Sí —me dijo Durlach, cuando le pedí que me explicara la conexión entre la RV y la naturaleza humana—, las cuestiones referentes a cómo se pueden superponer las percepciones humanas sobre mundos virtuales tratan realmente de los límites de la aptitud humana. ¿Qué limitaciones se imponen a nuestras aptitudes para que se adapten a los sentidos artificialmente ampliados? Ésa es una pregunta sobre la naturaleza humana. Y se puede verificar usando el instrumento adecuado en un experimento bien proyectado.

Durlach es un individuo amable, informal, de cabello gris acerado, siempre sonriente. Cualquier conversación que iniciara con él era un sorprendente paseo por una docena de temas completamente tangenciales al punto principal, pero todos enteramente pertinentes. El día en que entré en su oficina en Cambridge, me contó algo de sus antecedentes y de la táctil comunicación del habla. Matemático puro al comienzo de su carrera, quedó involucrado en la investigación y el desarrollo del radar, que lo llevó al Lincoln Laboratory, el suelo fértil del Sketchpad de Ivan Sutherland. Si uno quiere comprender cómo funciona el radar y en particular cómo funciona el sonar, inevitablemente termina interesándose en los murciélagos. Los estudios del sonar del murciélago llevaron a Durlach al problema de la audición binaural: ¿cómo usan las criaturas que tienen dos oídos su fisiología para detectar señales pertinentes entre un amasijo de ruido de fondo?

—Empecé a trabajar con el oído —me dijo Durlach— y así llegué a interesarme por la gente que tiene problemas con la audición y finalmente con aquellos que son totalmente sordos. Eso me llevó a trabajar con gente que era completamente sorda y ciega. Los que habían perdido la visión y el oído a la edad de 18 meses eran personas cuyo mundo les llegaba a través del tacto. Todo lo aprendían a través del sentido táctil.

Los sordos-ciegos usan una variedad de métodos para comunicarse, pero el que le interesaba a Durlach consistía en que "el oyente" colocaba una mano en la cara del hablante, verificando el flujo de aire, la vibración laríngea, la posición de los labios y la tensión muscular del hablante, y decodificaba en realidad el habla. A todos los fines prácticos, ellos "oyen" con la punta de los dedos. Y esto llevó a Durlach a una conclusión sorprendente: "La gente es mucho más maleable de lo que muchos creen. Tal vez podamos oír el ultrasonido o el radar, ver los rayos infrarrojos o ultravioleta, superponiendo el transductor mecánico apropiado sobre el sentido correspondiente y dejando que la flexibilidad humana haga el resto".

Si podemos ver lo invisible y oír con nuestros dedos, ¿qué es una aptitud humana "normal"? Es ahí donde la RV se topa con preguntas antiquísimas sobre la naturaleza humana, y por eso Durlach empezó a pensar sobre la RV y en particular sobre el tema afín a la RV, la telerrobótica.

—Supongamos que yo tengo un esclavo robot que percibe diferentes longitudes de onda de luz de las que yo percibo normalmente y que yo pueda recibir información de los sensores del robot a través del display de cabeza.

¿Cómo sería representada esa información? ¿En colores? ¿En sonidos? ¿En reacciones táctiles?

Después de pasar varias horas con él a través de una tanda de días y enterarme de su profesión, quedó claro para mí que a Durlach le gusta hacer preguntas raras que lo conducen a sitios nuevos.

—O supongamos que yo tenga un robot esclavo que es diminuto y que se introduce en el cuerpo de alguien como un microrrobot. O tengo un robot esclavo que es enormemente fuerte. Hay una especie de transformación que se verifica entre mis sentidos humanos y el procesamiento de información y las acciones físicas, por una parte, y el software y las computadoras y los robots supersensorios o superfuertes, por otra. ¿Cómo se llama realmente eso? Es un mundo real sobre el cual uno actúa realmente, el sólido mundo físico. Pero la forma en que uno lo percibe es virtual. ¿Qué clase de realidad es ésa?

Durlach considera los sistemas de RV del futuro próximo como "sistemas ideales para la psicología experimental. Toda universidad que tenga un departamento de psicología experimental va a tener un sistema de mundo virtual", predijo él. "La psicología experimental implica controlar los entornos de la gente y observar cómo responden a la entrada. Un mundo virtual podría ser un ambiente ideal, y no hay motivo por el cual uno no pueda verificar mucho más que las entradas motrices que le proporcionan los guantes y los joysticks. Latidos de corazón, tamaño de la pupila, cambios en la resistencia de la piel, todo podría usarse. Para mis fines, un buen sistema de RV podría ser un instrumento de investigación para todos los propósitos."

"Un filme es verdad a 24 cuadros por segundo", solía decir Jean-Luc Godard. Esa velocidad de proyección es el umbral en el cual las imágenes fotográficas separadas, proyectadas sobre una pantalla de cine, se funden en el sistema perceptivo humano en una alucinación consensual que conocemos como cinematógrafo. El ciberespacio es aquello donde la interfaz humana de las computadoras digitales se aproxima a 24 cuadros por segundo. El progreso de muchas cualidades clave que nosotros consideramos humanas está vinculado con la evolución de la visión del mundo, con la emergencia e invención de nuevas maneras de ver el mundo. Como lo expresó Jacob Bronowski, "nosotros no podemos separar la importancia especial del aparato visual del hombre de su aptitud singular para imaginar, hacer proyectos y hacer todas las otras cosas que generalmente incluimos en la frase global 'libre albedrío'. Lo que entendemos en realidad por libre albedrío es, desde luego, la visualización de alternativas para inclinarse por una entre ellas. Desde mi punto de vista, el problema central de la conciencia humana depende de la facultad de imaginar".

Dada una herramienta para visualizar y modelar, ¿cómo podríamos usarla para que nos ayude a hacer planes, imaginar y ejercer otra influencia consciente sobre un entorno cada vez más complejo? ¿Podemos imaginar maneras de aplicarla a los problemas muy reales del mundo?

Como lo expresó Brenda Laurel (1986):

> *"La realidad siempre ha sido demasiado pequeña para la imaginación humana. El impulso de crear una 'máquina de fantasía interactiva' sólo es la manifestación más reciente de un deseo antiquísimo de hacer que nuestras fantasías sean palpables, de nuestra insaciable necesidad de ejercitar nuestra imaginación, nuestro juicio y el espíritu en mundos, situaciones y personajes que son diferentes de los de la vida cotidiana. Tal vez el rasgo más importante de la inteligencia humana sea la facultad para internalizar el proceso de prueba y error. Cuando un hombre considera cómo trepar a un árbol, la imaginación sirve como un laboratorio para los experimentos 'virtuales' en física, biomecánica y fisiología. En temas de justicia, arte o filosofía, la imaginación es el laboratorio del espíritu."*

Como con otras tecnologías, el ciberespacio no es una cosa u otra. Será una u otra cosa. La gente lo usará como un híbrido de entretenimiento, escape y adicción. Y otras personas lo usarán para navegar a través de las peligrosas complejidades del siglo XXI. Podría ser el portón de entrada a la Matrix. Tengamos la esperanza de que sea un nuevo laboratorio del espíritu y consideremos qué podemos hacer para orientarlo con ese rumbo.

Índice de siglas

ACROE (Association pour la Création et la Rechercher sur les Outils d'Expression)
AI: amplificación de la inteligencia
ARC: Augmentation Research Center
ARM: argonne remote manipulator
ARPA: Advanced Research Projects Agency
ARRC: Advanced Robotics Research Centre
ATR: Advanced Telecommunications Research Institute International
BB&N: Bolt, Beranek & Newman
CAD: computer-aided design
CAT: computer-aided technology
CMU: Carnegie-Mellon University
CRT: cathode ray tube
DARPA: Defense Advanced Research Projects Agency
DEC: Digital Equipment Corporation
ESA: European Space Agency
FLIR: Forward-Looking Infrared
HIT Lab: Human Interface Technology Laboratoy
HMD: head-mounted displays
HRTF: head-related transfer function
IA: inteligencia artificial
IMAG: Institut Informatique et de Mathématiques Appliques de Grenoble
IPTO: Information Processing Techniques Office
ISDN: Integrated Services Digital Network
IST: Institute for Simulation and Training
LCD: liquid crystal display
LIFIA: Laboratoire d'Informatique Fondamentale et d'Intelligence Artificielle
MELDOG: Mechanical Engineering Laboratoy Dog
MIT: Massachussets Institute of Technology
MITI: Ministry of International Trade and Industry of Japan
NOSC: Naval Ocean Space Center
NTT: Nippon Telephone and Telegraph
PARC: Palo Alto Research Center
RV: realidad virtual
SAGE: semi-automatic ground environment
SDMS: Spatial Data Management System
SID: Society for Information Display
SIGGRAPH: Special Interest Group for Graphics
SPIE: Society for Photo-optical Instrumentation Engineering
UNC: University of North Carolina
VCASS: Visually Coupled Airbone Systems Simulator
VEOS: Virtual Environment Operating System
VIEW: Virtual Interface Environment Workstation
VIVED: Virtual Environment Display
WELL: Whole Earth Lectronic Link